

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche Scientifique
Université EL-HADJ LAKHDAR- BATNA
Faculté des Sciences
Département d'Agronomie

MEMOIRE

Pour l'obtention du Diplôme de MAGISTER en sciences Agronomiques

Option: Pédologie

Présenté par: ZAABOUBI Siham

THEME

**EFFETS COMPARATIFS DE DEUX OUTILS ARATOIRES (DISQUES – DENTS) ET
DE DIFFERENTS PRECEDENTS CULTURAUX SUR LES PROPRIETES
PHYSIQUES D'UN SOL CULTIVE EN CEREALES
DANS LA REGION DE TIMGAD**

Soutenue devant la commission d'examen

Pr. A. HALITIM	: Université de BATNA	President
Pr. T. SAADOUNE	: Université de Batna	Rapporteur
Pr. M.t. HALILAT	: Université de OUARGLA	Examineur
Dr. A. BENSAAD	: Maître de Conférence, Université de BATNA	Examineur

Année universitaire 2006 - 2007

TABLE DES MATIERES

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

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 : LE SOL

I-GENERALITES	04
1- Définition	04
2 - Les constituants du sol	06
1.1- Les phases du sol.....	06
2.1.1- Phase solide	06
2.1.2- Phase liquide	06
2.1.3- La phase gazeuse	06
II- PROPRIETES PHYSIQUES DU SOL	08
1- La texture du sol	08
1.1- Définition	08
1.2- Les types de textures du sol	09
1.2.1-Sols sableux (sols légers)	09
1.2.2- Sols limoneux	09
1.2.3- Sols argileux (sols lourds)	10
1.3- Méthodes de détermination de la texture	10
1.3.1- Méthode directe (sur place)	10
1.3.2- Méthode indirecte au laboratoire	11
2- La structure du sol.....	14
2.1- Définition	14
2.2- Méthode de détermination de la structure	16
2.2.1- Test de détermination sur place	16
2.2.2- Test au laboratoire	16
2.3- Types de structure du sol	17
2.3.1- Structure particulaire	17
2.3.2- Structure lithique ou lithologique	17
2.3.3- Structure massive ou continue	17
2.3.4- Structure particulaire	17
2.3.5- Structure grenue	17
2.3.6- Structure grumeleuse	17
2.3.7- Structure cubique	17
2.3.8- Structure polyédrique anguleuse	17
2.3.9- Structure granulaire	17
3- La porosité du sol.....	19
3.1- Définition	19
3.2- Mesure de la porosité totale	20
3.3- Nature des pores	22
3.3.1- La porosité texturale	22
3.3.2- Porosité structurale	22
3.3.3- Porosité biologique	23
3.4- Types de porosité	23
3.4.1- La microporosité ou porosité capillaire	23
3.4.2- La macroporosité ou porosité non capillaire	23
III- L'EAU DANS LE SOL	24
1- Le rôle de l'eau dans le sol	24

2- Humidité du sol	24
2.1-Généralités	24
2.1.1- L'eau de gravité	25
2.1.2- L'eau utilisable par la plante	25
2.1.3- L'eau inutilisable par la plante ou l'eau hygroscopique	25
2.2- Mesure d'humidité	26
2.2.1- Test sur terrain	26
2.2.2- Test au laboratoire	27
2.3- Valeurs de l'humidité d'un sol	27
2.3.1- Humidité de rétention (H_r) (Capacité de rétention)	27
2.3.1.1- Les facteurs influençant la variation de la capacité de rétention	27
2.3.1.1.1- La texture	27
2.3.1.1.2- La structure	28
2.3.1.1.3- La teneur en gypse	29
2.3.1.1.4- La teneur en sels solubles	29
2.3.1.1.5- La nature des argiles	29
2.3.1.1.6- La matière organique	29
2.3.2- Point de flétrissement	29
2.3.3- L'humidité équivalente	31

CHAPITRE 2 : PRATIQUE DE LA JACHERE

I- GENERALITES	32
1- Définition	32
2- Historique de la jachère	32
2.1- L'expérience mondiale	32
2.2- L'expérience algérienne	33
II- TYPES DE JACHERE	34
1- La jachère naturelle (la jachère nue)	34
2- La jachère améliorée (jachère travaillée)	35
2.1- Les préparés d'automne	35
2.2- Les préparés de printemps	36
2.3-La jachère travaillée intégrale (Dry-Farming et aridoculture)	37
2.4- La jachère cultivée	38
III- AVANTAGES ET INCONVENANTS DE LA JACHERE	39
1- Les avantages de la pratique de la jachère	39
1.1- Conservation de l'humidité	39

1.2- Amélioration de la fertilité du sol	40
1.3- La jachère en stratégie de lutte aux mauvaises herbes	40
2- Les inconvénients de la pratique de la jachère.....	41
2.1- L'érosion hydrique	41
2.2- Érosion éolienne	41

CHAPITRE 3 : LE TRAVAIL DU SOL

I- GENERALITES	43
II- LE LABOUR.	43
1- Définition	43
2- Principe du labour	44
III- LES OBJECTIFS DU LABOUR	45
1- Les objectifs liés aux sols	45
2- Les objectifs liés au végétal	45
IV- OUTILS DU LABOUR	47
1- Introduction	47
2- Charrue à disques	47
2.1- Définition et principe de fonctionnement	47
2.2- Le réglage de la charrue	49
2.3- Domaines d'utilisation la charrue à disques	49
3- LA CHARRUE À DENTS (CULTIVATEUR)	49
3.1- Définition et principe de fonctionnement	49
3.2- Les composants de la charrue à dents	50
3.2.1- Les organes travaillantes	50
3.2.2- Le bâti	50
3.3- Types de cultivateurs	50
3.3.1- Cultivateurs à dents rigides	50
3.3.2- Cultivateurs à dents flexibles	51
3.4- Les avantages et les inconvénients de l'utilisation de la charrue à dents	51
3.4.1- Les avantages	51
3.4.2- Les inconvénients	51
V- CLASSIFICATION DES LABOURS	52
1- Classification selon la profondeur	52
1.1- Le labour de défoncement	52
1.2- Le labour profond	52
1.3- Le labour moyen	52

1.4- Le labour léger	52
2- Classification selon la forme superficielle	52
(Le mode de renversement de la bonde de terre).....	
2.1- Le labour à plat	52
2.2- Le labour en planche	52
2.3- Le labour en bilons	53
3- Classification suivant l'aspect superficiel des labours	53
3.1- Le labour a arêtes vives	53
3.2- Le labour anguleux	53
3.3- Le labour arrondi	53
3.4- Le labour jeté	53
4- Classification selon l'époque des labours	53
4.1- Le labour d'automne ou d'hiver	53
4.2- Le labour d'Eté	53
5- Classification selon l'inclinaison des bandes de terre	54
5.1- Les labours à 45°	54
5.2- Les labours fortement inclinés à 25°	54
5.3- Les labours faiblement inclinés à 50°	54
VI- EFFETS DU TRAVAIL DU SOL	54
1- Effets sur le sol	54
2- Effet du travail du sol sur la culture	55
2.1- Effet sur les racines	55
2.2-Effets du travail du sol en début et en cours de cycle	56
2.3- Effets du travail du sol sur le rendement et ses composantes	56

CHAPITRE 4 : LA PLANTE

I- GENERALITES	57
1-Origines du blé	57
2-Conditions de développement des graines de blé.....	57
3- Le semis	58
II- LES DIFFERENTS STADES DE DEVELOPPEMENT DU BLE	58
1- Le stade végétatif	58
1.1- La germination	58
1.2- La levée	58
1.3- Le tallage	59
2- Le stade de reproduction	59
2.1- La montaison	59

2.2- L'épiaison	59
3- La maturation des grains	60
III- LE RENDEMENT	61
1- La densité des plantes /m ²	61
1.1- Le nombre de talle par plante	61
1.2- Le nombre d'épis par plante	61
1.3- Le nombre de grains par épi	61
1.4- Le poids de 1000 grains	62

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 1 : MATERIELS ET METHODES

I- PRESENTATION GENERALE	63
1- La région d'étude.....	63
1.1- Les reliefs	63
1.2- Aperçu géologique.....	63
1.3- Aperçu hydrogéologique.....	63
1.4- Aperçu hydrographique.....	65
1.5- Les ressources hydriques.....	65
1.6- Le secteur agro-pastoral	65
1.6.1- L'agriculture	65
1.6.2- Occupation des terres.....	65
1.6.3- Le rendement	66
1.6.4- Classification des terres	66
1.7- Aperçu pédologique	67
2- Etude climatique	67
2.1- La température	67
2.2- L'étage bioclimatique de la zone d'étude.....	68
2.3- Diagramme Ombrothèrmique de GAUSSEN (1957).....	70
II- MATERIEL D'ETUDE	71
1- Le sol.	71
2- Les outils de labour	73
3- Le végétal	74
III- METHODES D'ETUDES	75
1- Essai au champ	75
1.1- Le dispositif	75
1.2- Les dates de prélèvement	80

1.3- Le comptage du végétal	80
2- Les techniques analytiques du sol	80
2.1- Les analyses de base	80
2.2- Mesure de la porosité du sol	81
2.2.1- Mesure de la densité apparente	81
2.2.2- Mesure de la densité réelle	82
2.3- Technique d'étude le point de flétrissement 4,2.....	83

PARTIE EXPERIMENTALE : MATERIELS ET METHODES

I- PRESENTATION GENERALE	63
1- La région d'étude.....	63
1.1- Les reliefs	63
1.2- Aperçu géologique.....	63
1.3- Aperçu hydrogéologique.....	63
1.4- Aperçu hydrographique.....	65
1.5- Les ressources hydriques.....	65
1.6- Le secteur agro-pastoral	65
1.6.1- L'agriculture	65
1.6.2- Occupation des terres.....	65
1.6.3- Le rendement	66
1.6.4- Classification des terres	66
1.7- Aperçu pédologique	67
2- Etude climatique	67
2.1- La température	67
2.2- L'étage bioclimatique de la zone d'étude.....	68
2.3- Diagramme Ombrothémique de GAUSSEN (1957).....	70
II- MATERIEL D'ETUDE	71
1- Le sol.	71
2- Les outils de labour	73
3- Le végétal	74
III- METHODES D'ETUDES	75
1- Essai au champ	75
1.1- Le dispositif	75
1.2- Les dates de prélèvement	80
1.3- Le comptage du végétal	80

2- Les techniques analytiques du sol	80
2.1- Les analyses de base	80
2.2- Mesure de la porosité du sol	81
2.2.1- Mesure de la densité apparente	81
2.2.2- Mesure de la densité réelle	82
2.3- Technique d'étude le point de flétrissement 4,2.....	83
2.4- Les paramètres de calcul le rendement végétal.....	85
2.4.1- L'échantillonnage	85
2.4.2- Poids de 1000 grains (gr).....	85
2.4.3- Le rendement	85

PARTIE EXPERIMENTALE : RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE 1 : ETUDE DES PARAMETRES PHYSIQUES DU SOL

I- ETUDE DE LA VARIATION DE LA DENSITE APPARENTE.....	86
1- Effet précédents culturaux/outils/temps sur la variation de la densité apparente	86
1.1-Effet chaume de céréales/outils/temps sur la variation de la densité apparente	86
1.1.1- Effet chaume de céréales /charrue à disques/temps sur la variation de la densité apparente	86
1.1.2- Effet chaumes de céréales/cultivateur à 11 dents alourdi/temps sur la variation de la densité apparente	86
1.1.3- La comparaison	87
1.2- Effet jachère travaillée /outils/temps sur la variation de la densité apparente	90
1.2.1- Effet jachère travaillée /charrue à disques/temps sur la variation de la densité apparente.....	90
1.2.2- Effet de la jachère travaillée/ cultivateur à 11 dents alourdi / temps sur la variation de la densité apparente	90
1.2.3- La comparaison	91
1.3- Effet jachère nue /outils/temps sur la variation de la densité apparente.....	94
1.3.1- Effet de la jachère nue /charrue à disques/temps sur la variation de la densité apparente.....	94
1.3.2- Effet de l'interaction jachère nue /cultivateur à dents/ temps sur la variation de la densité apparente.....	94
1.3.3- La comparaison.....	95
2-Effet outil de labour /précédents culturaux/temps sur la variation de la densité apparente	97
2.1- Effet charrue à disques /précédents culturaux/temps sur la variation de la	97

densité apparente	
2.2- Effet cultivateur /précédents culturaux/ temps sur la variation de la densité apparente.....	98
CONCLUSION	100
II- ETUDE DE LA VARIATION DE LA POROSITE TOTALE DU SOL	102
1- Effet précédents culturaux/outils/temps sur la variation de la porosité totale du sol ...	102
1.1- Effet chaume de céréales/outils/temps sur la variation de la porosité totale du sol	102
1.1.1- Effet chaume de céréales /charrue à disques/temps sur la variation la porosité totale du sol	102
1.1.2- Effet chaume de céréales /cultivateur à dents/ temps sur la variation de la porosité totale du sol	103
1.1.3- La comparaison.....	103
1.2- Effet de la jachère travaillée /outils / temps sur la variation de la porosité totale du sol	106
1.2.1- Effet de la jachère travaillée /charrue à disques temps sur la variation de la porosité totale du sol	106
1.2.2- Effet de la jachère travaillée /cultivateur à dents/temps sur l'évolution de la porosité du sol	106
1.2.3- La comparaison	107
1.3 - Effet de la jachère nue/ outils/ temps sur l'évolution de la porosité du sol	110
1.3.1- Effet de la jachère nue /charrue à disques / temps sur l'évolution de la porosité du sol	110
1.3.2- Effet de la jachère nue /cultivateur à dents/temps sur l'évolution de l'espace poral du sol.....	110
1.3.3- La comparaison	111
2- effet outils/précédents culturaux sur l'évolution de la porosité du sol	113
2.1- Effet charrue à disques/précédents culturaux sur l'évolution de la porosité du sol.	113
2.2- Effet cultivateur à dents /précédents culturaux sur l'évolution de la porosité du sol	113
CONCLUSION	115

CHAPITRE 2 : ETUDES DES PARAMETRES HYDRODYNAMIQUE DU SOL

I- ETUDE DE LA VARIATION DE LA CAPACITE DE RETENTION EN EAU	117
1- Effet précédents culturaux / outils de labour/ temps sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.....	117
1.1- Effet chaume de céréales /outils /temps sur l'évolution de la capacité de	

rétenction.....	117
1.1.1- Effet chaume de céréales/ charrue à disques / temps sur l'évolution de la capacité de rétenction.....	117
1.1.2- Effet de chaume de céréales / cultivateur à 11 dents alourdi /temps sur l'évolution de la capacité de rétenction en eau.....	118
1.1.3- La comparaison	118
1.2- Effet de la jachère travaillée /outils/ temps sur la variation de la capacité de rétenction en eau.....	121
1.2.1- Effet de la jachère travaillée /charrue à disques temps sur la variation de la capacité de rétenction en eau.....	121
1.2.2- Effet de la jachère travaillée /cultivateur à dents/ temps sur l'évolution de la capacité de rétenction en eau.....	122
1.2.3-La comparaison.....	122
1.3 - Effet de la jachère nue/ outils/ temps sur l'évolution de la capacité de rétenction en eau.....	125
1.3.1- Effet de la jachère nue /charrue à disques/ temps sur l'évolution de la capacité de rétenction en eau.....	125
1.3.2- Effet de la jachère nue /cultivateur à dents sur l'évolution de la capacité de rétenction en eau.....	126
1.3.3- La comparaison	126
2- Effet outils/précédents cultureux sur l'évolution de la capacité de rétenction en eau ..	129
2.1- Effet charrue à disques/précédents cultureux sur l'évolution de la capacité de rétenction en eau.....	129
2.2- Effet cultivateur à dents /précédents cultureux sur l'évolution de la capacité de rétenction en eau.....	129
CONCLUSION	131
II- ETUDE DE LA VARIATION DE L'HUMIDITE DU SOL AU PF4.2	132
1- Effet précédent culturel / outil de labour sur la variation dans le temps de l'humidité du sol au pF4.2	132
1.1- Effet chaume de céréales /outils /temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2	132
1.1.1- Effet chaume de céréales/ charrue à disques / temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.....	132
1.1.2- Effet de chaume de céréales / cultivateur à dents /temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.....	132
1.1.3- La comparaison	133

1.2- Effet de la jachère travaillée /outils/temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.....	135
1.2.1- Effet de la jachère travaillée /charrue à disques/temps sur l'évolution de l'humidité du sol au pF4.2.....	135
1.2.2- Effet de la jachère travaillée /cultivateur à dents/temps sur la variation de l'humidité du sol du sol au pF4.2.....	135
1.2.3-La comparaison.....	136
1.3 - Effet de la jachère nue/ outils/temps sur l'évolution de l'humidité du sol du sol au pF4.2.....	138
1.3.1- Effet de la jachère nue /charrue à disques/temps sur l'évolution de l'humidité du sol du sol au pF4.2.....	138
1.3.2- Effet de la jachère nue /cultivateur à dents/temps sur l'évolution de l'humidité du sol au pF4.2.....	138
1.3.3- La comparaison.....	139
2- Effet outils/précédents culturaux/temps sur la variation de l'humidité du sol du sol au pF4.2.....	141
2.1- Effet charrue à disques/précédents culturaux/temps sur la variation de l'humidité du sol du sol au pF4.2.....	141
2.2- Effet cultivateur à dents /précédents culturaux/temps sur la variation de l'humidité du sol du sol au pF4.2.	141
CONCLUSION	143
III- INTERPRETATION DES PARAMETRES PHYSIQUES PAR L'ACP	144
1- Distribution des échantillons de sol en fonction de ses quatre variables (Da, P, CR et pF).....	144
2- Pouvoir explicatif des principaux axes.....	144
3- Caractérisation des axes I et II.....	144
4- Projection des variables et caractérisation des principaux axes.....	145
5- Projection des individus (échantillons) et délimitation des groupes.....	146

CHAPITRE 3 : ETUDE DU RENDEMENT DU BLE DUR

INTRODUCTION	148
1- Le rendement en grains.....	148
2- Variation des composantes de rendement	149
CONCLUSION GENERALE	154

REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES
ANNEXES

INDEX DES FIGURES

Figure n° 01	La formation du sol (MERMOUD, 2006)	05
Figure n° 02	Les trois phases du sol. (MERMOUD, 2006)	07
Figure n° 03	Les constituants du sol (SAYED, 2001)	08
Figure n° 04	Détermination de la texture du sol, le test de la poignée de terre (à gauche) et le test du ruban de terre (à droite). (SCHL, 2004)	11
Figure n° 05	Les triangles de texture	13
Figure n° 06	Structure schématique d'un macro-agrégat (JACQUES BAUCHAMP, 1989)	14
Figure n° 07	Structure du sol (JACQUES BAUCHAMP, 1989)	14
Figure n° 08	La structure du sol sous un microscope électronique (SAYED, 2001)	16
Figure n° 09	Porosité du sol (d'après GAUCHER, 1968)	20
Figure n° 10	L'état de l'eau dans le sol (d'après CHARLES OFORI, 1994)	25
Figure n° 11	Représentation du stock total d'eau par quatre compartiments d'après (JOURDAN, 1983)	26
Figure n° 12	Variation de l'eau utile en fonction de la texture des sols (DUCHAUFFOUR, 1965)	28
Figure n° 13	Influence de la structure du sol sur la rétention de l'eau (HILLEL., 1974)	28
Figure n° 14	Diminution de la jachère et ses conséquences sur l'unité de production	42
Figure n° 15	Représentation schématique du travail d'un corps de labour (AFFEISSA, 2000)	44
Figure n° 16	Les objectifs de labour	46
Figure n° 17	La charrue à disques (DETRAUX ; OESTGES, 1979)	48
Figure n° 18	Cultivateurs à dents rigides (DETRAUX ; OESTGES, 1979)	50
Figure n° 19	Cultivateurs à dents flexibles (DETRAUX ; OESTGES, 1979)	51
Figure n° 20	Les différents stades de développement du blé	60
Figure n° 21	La parcelle expérimentale	63
Figure n° 22	Plan de situation de la commune de SIDI-MANCER	64
Figure n° 23	Evolution de la température moyenne mensuelle de la région de Batna (2006)	68
Figure n° 24	Le climagramme du quotient pluviométrique Q_2 d'EMBERGER pour le climat méditerranéen durant la période 1980 – 2006	69

Figure n° 25	Diagramme ombrothermique de la région de Batna (1980/2006).	70
Figure n° 26	Evolution des précipitations (mm) de la région de Timgad et celles de la région de Batna (05/06).	71
Figure n° 27	Méthode des prélèvements des échantillons (méthode de diagonale)	72
Figure n° 28	La classe texturale	73
Figure n° 29	Les deux outils de labour.	74
Figure n° 30	La semence (Blé dur variété MBB)	75
Figure n° 31	La compagne agricole 2004/ 2005	78
Figure n° 32	Le dispositif expérimental	77
Figure n° 33	La compagne agricole 2005/2006	79
Figure n° 34	Mode de prélèvement des échantillons du sol avec cylindre.	82
Figure n° 35.1	Schéma de dispositif expérimental de mesure de pF 4,2.	83
Figure n° 35.2	Quelques étapes de l'expérience de la détermination des pF en photos	84
Figure n° 36.1	Effet chaume de céréales /charrue à disques/temps sur la variation de la densité apparente.	89
Figure n° 36.2	Effet chaume de céréales/ cultivateur à dents/ temps sur la variation de la densité apparente.	89
Figure n° 36.3	Effet chaume de céréales/outils/temps sur la variation de la densité apparente.	89
Figure n° 36.4	Corrélation et régression de la densité apparente pour Charrue à disques / cultivateur à dents	89
Figure n° 36.5	Effet jachère travaillée /charrue à disques/ temps sur la variation de la densité apparente	93
Figure n° 36.6	Effet jachère travaillée / cultivateur à dents/ temps sur la variation de la densité apparente.	93
Figure n° 36.7	Effet jachère travaillée /outils/temps sur la variation de la densité apparente.	93
Figure n° 36.8	Corrélation et régression de la densité apparente pour Charrue à disques / cultivateur à dents	93
Figure n° 36.9	Effet jachère nue /charrue à disques/temps sur la variation de la densité apparente	96
Figure n°36.10	Effet jachère nue cultivateur à dents / temps sur la variation de la densité apparente	96
Figure n°36.11	Effet jachère nue / outils / temps sur la variation de la densité apparente.	96
Figure n° 36.12	Corrélation et régression de Da pour Charrue à disques/cultivateur à dents.	96
Figure n° 36.13	Effet charrue à disques /précédents culturaux/temps sur la variation de la densité apparente.	99
Figure n° 36.14	Effet cultivateur /précédents culturaux/ temps sur la variation de la densité apparente.	99

Figure n° 37.1	Effet chaume de céréales / charrue à disques/temps sur la variation de la porosité totale du sol.	105
Figure n° 37.2	Effet chaume de céréales / cultivateur à dents / temps sur la variation de la porosité totale du sol.	105
Figure n° 37.3	Effet chaume /outils / temps sur la variation de la porosité totale du sol.	105
Figure n° 37.4	Corrélation et régression de P% pour charrue à disques/cultivateur à dents.	105
Figure n° 37.5	Effet de la jachère travaillée/ charrue à disques/temps sur l'évolution de la porosité du sol.	109
Figure n° 37.6	Effet de la jachère travaillée/ cultivateur à dents/temps sur l'évolution de la porosité du sol.	109
Figure n° 37.7	Effet de la jachère travaillée / outils/ temps sur l'évolution de la porosité totale du sol.	109
Figure n° 37.8	Corrélation et régression de P% pour charrue à disques/cultivateur à dents.	109
Figure n° 37.9	Effet de la jachère nue/ Charrue à disques / temps, sur l'évolution de la porosité totale.	112
Figure n° 37.10	Effet de la jachère nue/ cultivateur à dents / temps sur l'évolution de la porosité totale.	112
Figure n° 37.11	La comparaison entre l'effet de la charrue à disques et le cultivateur à dents sur l'évolution de la porosité totale.	112
Figure n° 37.12	Corrélation et régression de P% pour charrue à disques/cultivateur à dents.	112
Figure n° 37.13	Effet de la charrue à disques/ précédents culturaux/ temps sur l'évolution de la porosité totale.	114
Figure n° 37.14	Effet de cultivateur à dents/ précédents culturaux/ temps sur l'évolution de la porosité totale.	114
Figure n° 38.1	Effet de la chaume/Charrue à disques / temps sur l'évolution de la capacité de rétention.	120
Figure n° 38.2	Effet de la chaume / cultivateur à dents/temps Sur l'évolution de la capacité de rétention.	120
Figure n° 38.3	Effet chaume de céréales /outils /temps sur l'évolution de la capacité de rétention.	120
Figure n° 38.4	Corrélation et régression de CR % pour charrue à disques/cultivateur à dents	120
Figure n° 38.5	Effet de la jachère travaillée / Charrue à disques / temps sur la variation de la capacité de rétention en eau.	124
Figure n° 38.6	Effet de la jachère travaillée cultivateur à dents/ temps sur la variation de la capacité de rétention en eau.	124
Figure n° 38.7	Effet de la jachère travaillée /outils/ temps sur la variation de la capacité de rétention en eau.	124
Figure n° 38.8	Corrélation et régression de CR % pour charrue à disques/cultivateur à dents	124
Figure n° 38.9	Effet de la jachère nue / charrue à disques/ temps sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.	128
Figure n° 38.10	Effet de la jachère nue / cultivateur à dents sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.	128
Figure n° 38.11	Effet de la jachère nue/ outils/ temps sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.	128
Figure n° 38.12	Corrélation et régression de CR % pour charrue à disques/cultivateur à dents	128

Figure n° 38.13	Effet charrue à disques /précédents culturaux sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.	130
Figure n° 38.14	Effet cultivateur à dents / précédents culturaux sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.	130
Figure n° 39.1	Effet chaume de céréales/ charrue à disques / temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.	134
Figure n° 39.2	Effet chaume de céréales/ cultivateur à dents / temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.	134
Figure n° 39.3	Effet chaume de céréales /outils /temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.	134
Figure n° 39.4	Corrélation et régression de pF 4.2 pour charrue à disques/cultivateur à dents	134
Figure n° 39.5	Effet de la jachère travaillée /charrue à disques/temps sur l'évolution de l'humidité du sol au pF4.2.	137
Figure n° 39.6	Effet de la jachère travaillée/ cultivateur à dents/ temps sur l'évolution de l'humidité du sol au pF4.2.	137
Figure n° 39.7	Effet de la jachère travaillée /outils/temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.	137
Figure n° 39.8	Corrélation et régression de pF 4.2 pour charrue à disques/cultivateur à dents	137
Figure n° 39.9	Effet de la jachère nue / charrue à disques/temps sur l'évolution de l'humidité du sol au pF4.2.	140
Figure n°39.10	Effet de la jachère nue / cultivateur à dents sur l'évolution de l'humidité du sol au pF4.2.	140
Figure n° 39.11	Effet de la jachère nue/ outils/temps sur l'évolution de l'humidité du sol au pF4.2.	140
Figure n° 39.12	Corrélation et régression de pF 4.2 pour charrue à disques /cultivateur à dents	140
Figure n° 39.13	Effet charrue à disques / précédents culturaux/temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.	142
Figure n° 39.14	Effet cultivateur à dents / précédents culturaux/temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.	142
Figure n° 40	Projection des échantillons sur le plan (I, II)	147
Figure n° 41.1	Effet du précédents culturaux / outils de labour sur le nombre de talles par m ²	149
Figure n° 41.2	Effet du précédents culturaux / outils de labour sur le nombre d'épis par m ²	150
Figure n° 41.3	Effet du précédents culturaux/outils de labour sur le nombre des grains par m ²	151
Figure n° 41.4	Effet du précédents culturaux / outils de labour sur le poids de 1000 grain.	152
Figure n° 41.5	Effet du précédents culturaux / outils de labour sur le rendement en grains.	153

INDEX DES TABLEAUX

Tableaux n°	Titres	Page
Tableau n° 01	Composition comparée entre l'air du sol et l'air atmosphérique (MERMOUD, 2006)	07
Tableau n° 02	Les différentes textures du sol (SAYED, 2001)	08
Tableau n° 03	Classification des particules du sol en fonction de leur diamètre (SOLTNER, 1986)	09
Tableau n° 04	Dénomination des sols selon la teneur en calcaire et en matière organique (HENIN, 1969)	09
Tableau n° 05	Types de structure du sol (PETER SCHUT, 2001)	18
Tableau n° 06	Pourcentage des pores selon le type du sol (OLLIER et POIREE, 1981)	19
Tableau n° 07	Evaluation de la porosité totale du sol (KATCHINSKI in KAOURITCHEV, 1983)	21
Tableau n° 08	Analyse de la porosité d'un sol limono-argileux (ROBERT MOREL, 1996)	21
Tableau n° 09	Variation du point de flétrissement permanent avec la texture du sol et l'espèce végétale. (ROBERT MOREL 1996 in BRIGGS et SHANTZ, 1912)	30
Tableau n° 10	Point de flétrissement, capacité au champ et eau disponible pour la plante en fonction de différents types de sols. Les valeurs sont exprimées selon le rapport (volume de l'eau contenue/volume du sol)- inspiré de ROWELL (1994)	31
Tableau n° 11	Différents types de jachère (LAUMONT, 1946)	39
Tableau n° 12	La profondeur essentielle pour chaque type de labour (DETRAUX, 1979)	44
Tableau n° 13	Effets du labour à la charrue en traction bovine sur le poids des racines (g/dm^{-3}) des principales cultures annuelles du Sénégal (CHOPART et NICOU, 1976)	55
Tableau n° 14	Effet du labour à la charrue sur la croissance des parties aériennes du maïs en début de cycle en Côte d'Ivoire. Cycle du maïs: 85 jours (CHOPART, 1993)	56
Tableau n° 15	Effets du labour sur la production utile (grains kg ha^{-1}) des principales cultures annuelles dans les zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest (NICOU et al, 1993)	56
Tableau n° 16	Occupation des terres agricoles dans la commune de Sidi maansar	66
Tableau n° 17	Niveau des catégories de terres (PDAU, 1997)	66
Tableau n° 18	Evolution de la température moyenne mensuelle de la région de Batna (2006)	67
Tableau n° 19	Donnée moyenne mensuelles des températures ($^{\circ}\text{C}$) et précipitation (mm) pour 27 ans (1980-2006)	70
Tableau n° 20	Donnée moyenne mensuelles des précipitations (mm) de la région de Timgad et celle de Batna (2005/2006)	70
Tableau n° 21	Les résultats des analyses du sol expérimental	72
Tableau n° 22	Les dates de prélèvement des échantillons du sol	80

Tableau n° 23	Les dates de comptage du végétal	80
Tableau n° 24.1	Effet moyen principal d'interaction chaume de céréales/ outils sur la variation de la densité apparente	89
Tableau n° 24.2	La comparaison d'effet moyen principal	89
Tableau n° 24.3	Effet moyen principal de l'interaction jachère travaillée/ outils sur la variation de la densité apparente	93
Tableau n° 24.4	Comparaison de l'effet moyen principal	93
Tableau n° 24.5	Effet moyen principal d'interaction jachère nue/ outils sur la variation de la densité apparente	96
Tableau n° 24.6	La comparaison d'effet moyen principal	96
Tableau n° 24.7	Effet moyen principal de l'interaction charrue à disques/précédents culturaux sur la variation de la densité apparente	99
Tableau n° 24.8	Effet moyen principal de l'interaction cultivateur à dents/précédents culturaux sur la variation de la densité apparente	99
Tableau n° 24.9	Analyse de variance de la densité apparente	101
Tableau n° 25.1	Effet moyen principal de l'interaction chaume de céréales/ outils sur la variation de la porosité totale du sol	105
Tableau n° 25.2	La comparaison de l'effet moyen principal	105
Tableau n° 25.3	Effet moyen principal d'interaction jachère travaillée/ outils sur la variation de la porosité totale du sol	109
Tableau n° 25.4	La comparaison d'effet moyen principal	109
Tableau n° 25.5	Effet moyen principal d'interaction jachère nue/ outils/temps sur la variation de la porosité totale du sol	112
Tableau n° 25.6	La comparaison d'effet moyen principal	112
Tableau n° 25.7	Effet moyen principal d'interaction charrue à disques/précédents culturaux/ temps sur la variation de la porosité du sol	114
Tableau n° 25.8	Effet moyen principal d'interaction charrue à disques/précédents culturaux/ temps sur la porosité totale du sol	114
Tableau n° 25.9	Analyse de la variance de la porosité totale du sol	116
Tableau n° 26.1	Effet moyen principal d'interaction chaume de céréales/outils/temps sur la variation de la capacité de rétention en eau	120
Tableau n° 26.2	La comparaison d'effet moyen principal	120
Tableau n° 26.3	Effet moyen principal d'interaction jachère travaillée/outils/temps sur la variation de la capacité de rétention en eau	124
Tableau n° 26.4	La comparaison d'effet moyen principal	124
Tableau n° 26.5	Effet moyen principal d'interaction jachère nue/ outils/temps sur la variation de la capacité de rétention en eau	128
Tableau n° 26.6	La comparaison d'effet moyen principal	128
Tableau n° 26.7	Effet moyen principal d'interaction charrue à disques/précédents culturaux sur l'évolution de la capacité de rétention	130
Tableau n° 26.8	Effet moyen principal d'interaction cultivateur à dents/précédents culturaux sur l'évolution de la capacité de rétention en eau	130
Tableau n° 26.9	Analyse de la variance de la capacité de rétention en eau	131
Tableau n° 27.1	Effet moyen principal d'interaction chaumes/ outils/temps sur la variation de l'humidité du sol au pF 4.2	134

Tableau n° 27.2	La comparaison d'effet moyen principal	134
Tableau n° 27.3	Effet moyen principal d'interaction jachère travaillée/outils/temps sur la variation de l'humidité du sol au pF 4.2	137
Tableau n° 27.4	La comparaison d'effet moyen principal	137
Tableau n° 27.5	Effet moyen principal d'interaction jachère nue/ outils/temps sur la variation de l'humidité du sol au pF 4.2	140
Tableau n° 27.6	La comparaison d'effet moyen principal	140
Tableau n° 27.7	Effet moyen principal d'interaction charrue à disques/précédents culturaux sur l'évolution de l'humidité du sol au pF4.2	142
Tableau n° 27.8	Effet moyen principal d'interaction cultivateur à dents/précédents culturaux sur l'évolution de l'humidité du sol au pF4.2	142
Tableau n° 27.9	Analyse de la variance de l'humidité du sol au pF 4.2	143
Tableau n° 28	Matrice de corrélation entre les différentes variables physiques	144
Tableau n° 29	Contributions à la variation totale des principaux axes	144
Tableau n° 30	Corrélation entre les variables et les axes I et II	144
Tableau n° 31	Corrélation à la variation totale des variables sur les principaux axes	145
Tableau n° 32	Qualité de représentation	146
Tableau n° 33	Carré moyen de l'analyse de variance des valeurs du rendement et des composantes de rendement dans les parcelles expérimentales	153

INTRODUCTION

Dans les zones semi arides méditerranéennes la céréaliculture est souvent pluviale. Le régime des pluies est aléatoire ; le manque d'eau sévit régulièrement et de plus en plus de manière précoce. Le recours à des méthodes de gestions des sols valorisant le peu d'eau devient alors incontournable. Quelles seraient ces méthodes qui permettraient de tirer profit de la faible pluviométrie et qui permettraient une certaine amélioration et une stabilité des rendements de la céréale ?

C'est là une des questions d'actualité dans les régions semi-arides algériennes. Ainsi, la caractérisation du fonctionnement hydrodynamique du sol sous différentes pratiques culturales s'impose comme une approche indispensable pour mieux orienter les hypothèses de travail des agronomes. L'approche implique la connaissance des sols.

Les systèmes de culture pratiqués dans la région de Timgad s'articulent sur un assolement céréale / jachère nue. Ces systèmes sont considérés comme responsables d'une baisse du rendement de céréale. Le sol mis en jachère nue est plus exposé aux facteurs de dégradation (vents, pluviométrie) qui peuvent être par fois très agressifs.

A l'opposé de la jachère nue, la jachère travaillée est pratiquée dans le but de l'enfouissement des résidus organiques et d'amélioration de la porosité et de la conductivité hydraulique des sols (SELVARAJU et RAMASWAMI, 1997). D'autres auteurs en revanche, n'ont pas trouvé une différence significative entre les deux pratiques culturales (jachère nue et jachère travaillée) (ANKENY et al 1990).

D'autres encore trouvent que les sols mis en jachère nue sont les sols qui affichent les faibles valeurs d'infiltration d'eau (HEARD et al, 1988).

Le travail du sol dans la plupart des cas va augmenter les risques de dégradation des sols et diminue en parallèle le rendement des cultures. La plupart des exploitations céréalieres situées dans les zones pédoclimatiques différentes utilisent le même outil de labour alors que chacun des outils aratoires s'apparente beaucoup plus à un type de sol qu'à un autre.

CANDELON, 1981, souligne que, le choix du matériel doit être raisonné en fonction :

- Du type de sol et de son degré d'humidité.
- De la culture pratiquée.

L'évolution structurale d'un sol est liée au cours d'un cycle de culture, aux actions culturales exerçants des effets contradictoires et brutaux et à la variabilité du climat (MANICHON et ESTRADÉ ; 1990). Lorsqu'un sol subit un effet d'agents extérieurs (facteurs climatiques, organismes vivants, pratiques agricoles), c'est son compartiment structural qui est affecté (HENIN et al, 1969).

De même plusieurs pédologues comme DUCHAUFFOUR (1965), affirme que la structure du sol dépend :

- De la nature de la terre et de la proportion de ses éléments minéraux et organiques ;
- Du mode de travail mécanique des instruments.

La différence majeure pour le travail du sol dans l'agriculture algérienne réside actuellement dans :

- Le choix de la chaîne de matériel de travail du sol ;
- La maîtrise technique de chaque outil de la chaîne au moment le plus favorable et en fonction des conditions climatiques toujours variables d'une année à l'autre.

Or, la formation professionnelle non adéquate, le manque de vulgarisation, auxquelles s'ajoutent la nature et le niveau d'équipements de la plupart des agriculteurs ne permettant pas de faire passer le message technique, ce qui influe sur le niveau de production.

Ceci, provoque sûrement une solution réside dans la maîtrise des techniques culturales ou les itinéraires techniques et la période de l'exécution.

L'objectif de ce travail consiste à étudier l'effet de l'interaction de trois précédents culturaux (chaume de céréales, jachère travaillée et jachère nue) et le labour de ces précédents culturaux avec deux outils différents (charrue à disques et cultivateur à 11 dents alourdi), sur l'horizon superficiel du sol et le rendement d'une culture de blé dur de variété MBB.

Cette interaction est suivie de l'étude des relations entre la structure et le fonctionnement hydrique du sol.

Dans cette optique, nous vous proposons d'étudier les aspects suivant :

- Effet de l'interaction précédents culturaux et outils de labour sur la variation de la densité apparente.
- Effet de l'interaction précédents culturaux et outils de labour sur la variation de la porosité totale.
- Effet de l'interaction précédents culturaux et outils de labour sur la variation de la capacité de rétention en eau.
- Effet de l'interaction précédents culturaux et outils de labour sur la variation de l'humidité de l'horizon labouré au pF 4.2.
- Effet de l'interaction précédents culturaux et outils de labour sur le comportement du végétal (blé dur)

I- DEFINITION

La définition du sol pour les agriculteurs est la couche superficielle de la terre avec une épaisseur de 0.30 m ; la couche de 0.30 à 0.60 m est le sous sol (AFEISSA, 2000).

Pour les pédologues, le sol est une formation naturelle présentée par la couche superficielle de la roche mère, épaisse, mince ou pellicule superficielle de la terre sur la quelle peut se développer un végétal (LASSINIER, 1973).

DEMELON (1960) a essayé d'associer ces deux points de vue pour donner une définition globale du sol, pour lui « le sol est la formation naturelle de surface meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous adjacente sous l'influence de divers processus physiques, chimiques et biologiques ».

Selon DOKOUTCHAIU in LASNIER (1973), le sol est une création naturelle au même titre qu'un animal, un végétal, une roche, cette création résulte de l'action cumulative de cinq facteurs : le climat, les organismes végétaux et animaux, la roche, le relief et le temps **(figure n° 01)**.

Le sol représente donc un milieu de vie riche en éléments chimiques – nutritifs - indispensables pour la plante.

Selon BEAUCHAMP (1989), le sol se composé de strates superposées appelées horizons pédologiques, à leur tour, ils forment le profil pédologiques.

Les principaux horizons des sols sont :

1- Horizons A : horizons de surface à matière organique.

2- Horizons C : roche peu altérée

3- Horizons B : horizons intermédiaires apparaissent dans les sols évolués

Pour mieux connaître le sol et maîtriser son rôle, il est indispensable de connaître les caractéristiques de ce dernier.

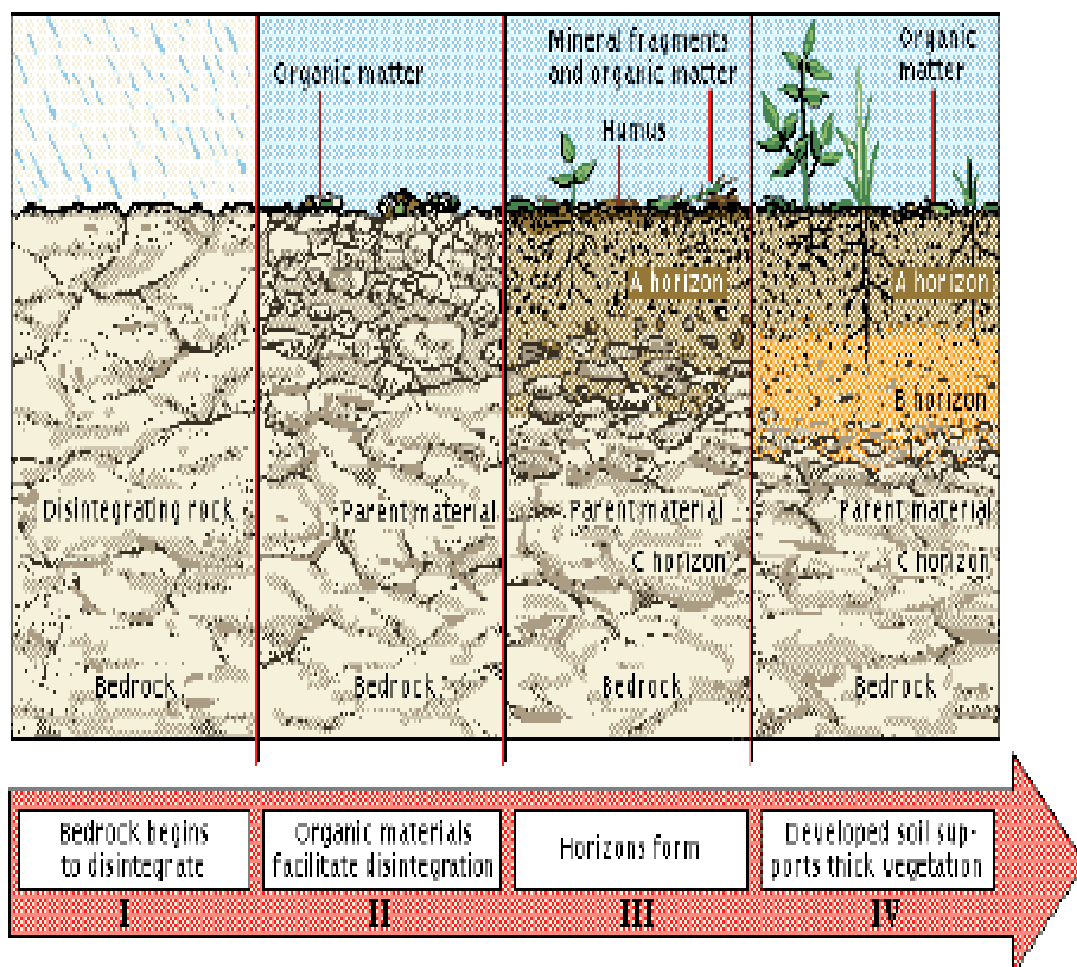


Figure n° 01 : La formation du sol (MERMOUD, 2006).

II- LES CONSTITUANTS DU SOL

1- LES PHASES DU SOL

1.1- Phase solide

La phase solide représente d'après HILLEL (1974) ; les particules solides du sol.

Selon MOREL (1996) et MERMOUD (2006) la phase solide est la phase qui contient des éléments minéraux de formes et de compositions différentes par exemple, gravier, sable, limons, argile, et des éléments organiques formés par des résidus organiques, d'origine végétal ou animal en état de décomposition plus ou moins avancée (**figure n°02**).

Les particules de dimension supérieure à 2 µm sont généralement cimentées par un mélange d'argile et d'humus (complexe organo-humique), parfois également par des oxydes et des hydroxydes.

1.2- Phase liquide

La phase liquide est tout ce qui est liquide ; elle se trouve dans les espaces lacunaires entre les particules solides du sol.

La phase liquide représente l'eau du sol laquelle contient toujours des substances dissoutes « la solution du sol » HILLEL (1974).

Selon MOREL (1996) la solution du sol ou l'eau du sol contient des ions minéraux et des petites molécules organiques variant dans sa composition et sa mobilité et même sa fixation sur les particules solides. Cette solution remplit partiellement ou totalement les pores du sol (**figure n° 02**).

D'après MERMOUD (2006), la solution du sol contient :

- Des anions prédominants : NO_3^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- et SO_4^{2-}
- Des cations prédominants : Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , NH_4^+
- De la matière organique soluble.
- Des dissolvants gazeux.
- Des pesticides et fertilisants liquides

1.3- La phase gazeuse

Elle est représentée par l'air qui se trouve dans les espaces vides du sol. Cette phase est composée d'après MOREL (1996) de tout ce qui est gaz (Oxygène, Azote, Dioxydes de carbone...etc.) (**figure n° 02**).

SOLTNER (1986) définit la phase gazeuse par l'atmosphère du sol qui se compose des mêmes gaz que l'air (O_2 , CO_2 , N_2 ,...) et surtout les gazes qui résultent de la décomposition de la matière organique et de l'activité biologique dans le sol.

MERMOUD (2006) dans une étude comparative entre la composition de l'air du sol et de l'air atmosphérique montre que, dans le sol, la concentration en CO_2 est plus élevée et la teneur en O_2 est plus réduite que dans l'air atmosphérique. Il explique cette différence par les phénomènes de la respiration des microorganismes vivants du sol et la dégradation de la matière organique dans le sol (**tableau n°01**).

Tableau n°01 : Composition comparée entre l'air du sol et l'air atmosphérique (MERMOUD, 2006).

Gaz	Air atmosphérique	Air du sol
Azote	78 %	78 – 80 %
Oxygène	21 %	< 21 %
Autres gaz	1 %	1 %
Gaz carbonique	0.03 %	0.2 à quelque %
Vapeur d'eau	variable	Proche de la saturation

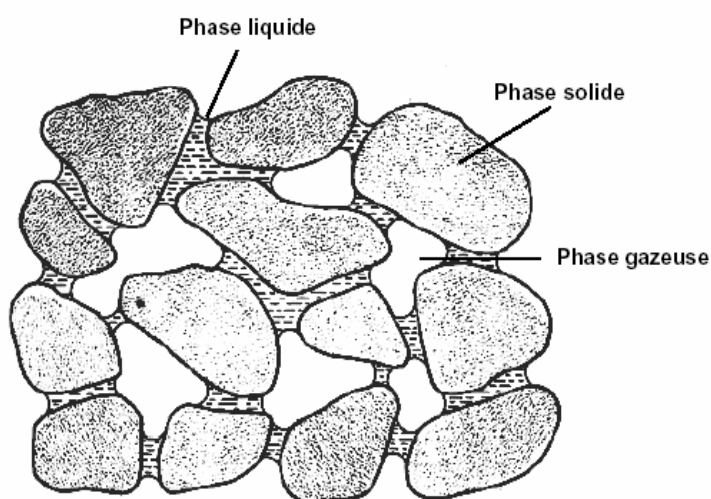


Figure n° 02 : Les trois phases du sol. (MERMOUD, 2006).

III- PROPRIETES PHYSIQUES DU SOL

1- LA TEXTURE DU SOL

1.1- Définition

SOLTNER (1986) va résumer la définition de la texture du sol dans la composition granulométrique du sol.

Selon GUOROU (1982) la texture du sol est définie par le pourcentage d'éléments minéraux présents dans le sol ; ces éléments sont classés par ordre de taille croissant. Les argiles sont les plus fines ($\Phi < 2\mu$), les limons sont des particules à diamètre compris entre 2 à 20 μ , les sables sont les plus grossiers avec un diamètre supérieur à 20 μ . Au-delà, on parle des cailloux, galets, graviers,...etc. (figure n° 03).

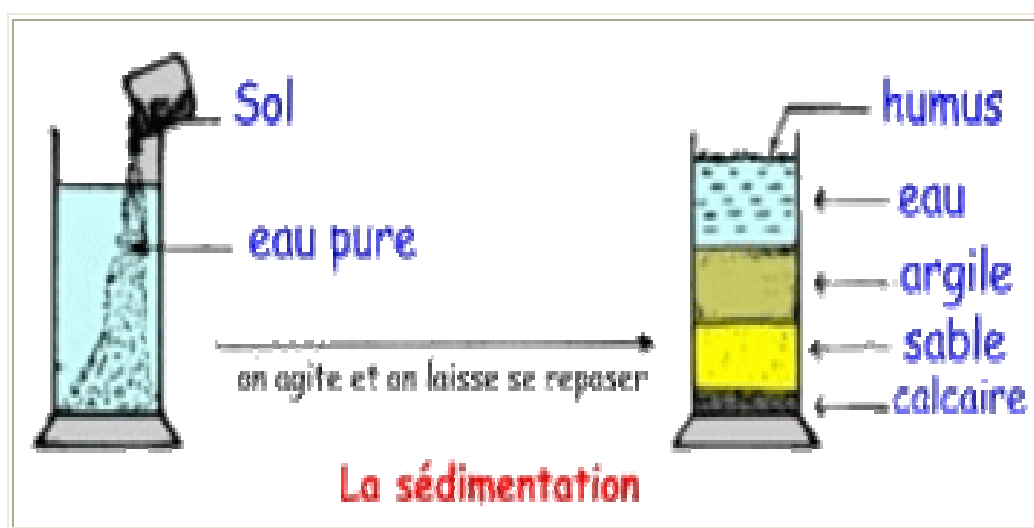


Figure n° 03 : Les constituants du sol
(SAYED, 2001)

La terre fine est celle qui intéresse les agriculteurs, est caractérisée par des particules inférieures à 2 mm.

Selon l'importance du pourcentage d'un tel ou tel élément dans le sol ; on peut rapporter le type du sol à ce pourcentage (tableau n° 02, 03 et 04).

Tableau n°02 : Les différentes textures du sol

(SAYED, 2001)

Types de textures	Types de sols	Travail du sol
Texture argileuse:	Sols lourds.	Difficiles à travailler.
Texture sableuse:	Sols légers, souvent secs.	Faciles à travailler.
Texture équilibrée:	Sols limono-argilo-sableux.	Faciles à travailler.
Texture limoneuse:	Sols riches en limons.	Sols peu perméables et mal aérés.

Tableau n° 03 : Classification des particules du sol en fonction de leur diamètre**(SOLTNER, 1986)**

Particules	Argile	Limon	Sable	Sable grossier	Gravier	Caillaux
Diamètre en mm	2/1000	2/100	2/10	2	20	

Tableau n° 04 : Dénomination des sols selon la teneur en calcaire**et en matière organique (HENIN, 1969).**

Teneur en calcaire (%)	<5	5 à 20	20 à 50	> 50
Dénomination		Suffixe « calcaire »	Préfixe « calcaire »	« Calcaire »
Teneur en matières organiques (%)	< 4	4 à 10	10 à 20	> 20
Dénomination		Suffixe « humifère »	Préfixe « humo »	« Humus »

1.2- Les types de textures du sol**1.2.1-Sols sableux (sols légers)**

Les sols sableux sont principalement constitués de sables grossiers. Ces sols se travaillent bien et se réchauffent rapidement au printemps. Ils offrent une bonne aération et un bon drainage, mais ils sont sujet au lessivage (eau et minéraux). Ils sont généralement pauvres en éléments nutritifs et ont tendance à être acides (BEAUCHAMP, 1989)

1.2.2- Sols limoneux

Les sols limoneux sont surtout formés de sables fins et de limons. Ceux sont les sols qui ont tendance à former une croûte en surface sous l'effet des pluies et des arrosages, ce qui les rend imperméables à l'eau et à l'air. Ce phénomène a pour effet d'asphyxier les racines des végétaux et les organismes vivants du sol (ANONYME1, 2005).

1.2.3- Sols argileux (sols lourds)

Les sols argileux contiennent plus de 25% d'argile. Ce sont généralement les sols qui retiennent bien l'eau et les éléments nutritifs. Ils sont toutefois mal aérés, mal drainés et ils ont tendance à être alcalins. De plus, ils sont difficiles à travailler, ils se réchauffent lentement au printemps et ils se compactent facilement.

MOREL (1996) va préciser dans ces travaux que les éléments qui sont inférieur à 2 mm sont les éléments les plus actifs.

D'après le groupe S.C.H.L (2004), on peut détecter directement la teneur du sol en nutriments selon leur texture. Par exemple, on trouve que les sols argileux sont très fertiles riches en éléments nutritifs mais ils sont mouillés et mal drainés en revanche les sols sableux qui sont des sols facilement drainés et par contre ils sont secs et infertiles.

1.3- Méthodes de détermination de la texture

Selon le groupe de la société S.C.H.L (2004), on peut déterminer la texture du sol par deux méthodes :

1.3.1- *Méthode directe (sur place)*

Selon DENHOLM et SCHUT (1989), trois tests sur terrains peuvent aider à déterminer à peu près la texture du sol :

➤ **Impression à toucher :**

Ecraser une petite quantité de sol, en le frottant entre l'index et la paume de l'autre main ; frottez-en une partie entre le pouce et les doigts pour mesurer sa teneur en sable ; plus le sol est granuleux plus il contient du sable.

➤ **Poignée de terre :**

Compresser une quantité de sol dans la main pendant un certain temps. Si le sol après l'ouverture de la main conserve sa forme c'est à dire il contient d'argile. Plus cette forme résiste longtemps plus le pourcentage d'argile est élevé.

➤ **Le ruban de terre :**

Rouler une poignée de terre sous forme de cigarette et comprimer la entre le pouce et l'index pour former le ruban le plus long et le plus mince. On distingue qu'un sol limoneux

formera des flocons plus qu'un ruban, et un sol à forte teneur en argile forme un ruban plus long et plus mince (**figure n° 04**).

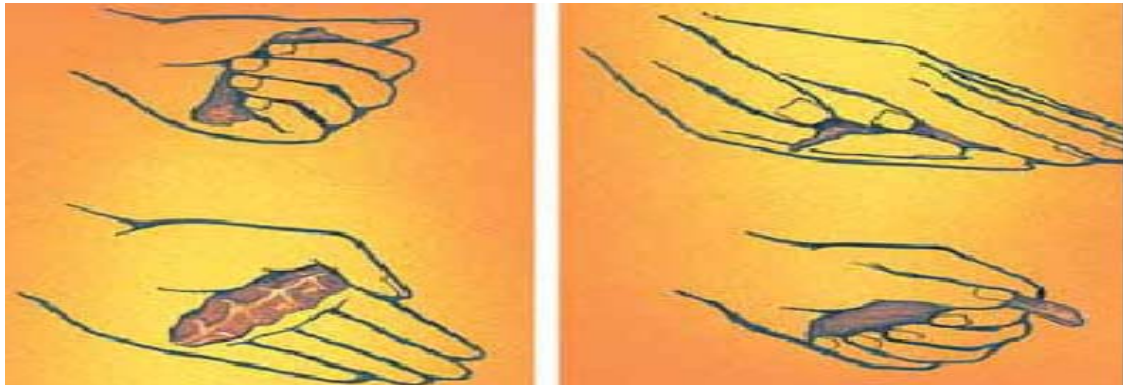


Figure n° 04 : Détermination de la texture du sol, le test de la poignée de terre (à gauche) et le test du ruban de terre (à droite). (SCHL, 2004).

1.3.2- Méthode indirecte au laboratoire

L'analyse granulométrique a pour objet de déterminer les proportions des particules minérales inférieures à 2mm selon la classification d'ATTERBERG (1912).

* $200\ \mu < \text{sables grossiers} < 2\ \text{mm}$

* $20\ \mu < \text{sables fins} < 200\ \mu$

* $2\ \mu < \text{limons} < 20\ \mu$

* Argiles $< 2\ \mu$

L'analyse granulométrique réalisée sur la terre fine suivant une méthode internationale modifiée par l'emploi de la méthode de pipette de Robinsons, selon SOLTNER (1986) consiste en quatre étapes essentielles :

- La disparition ou l'élimination de la matière organique qui soude les éléments en agrégats par l'eau oxygénée.
- La disparition d'argile enrobant les particules par l'héxamétaphosphates de sodium et l'agitation mécanique.
- Les prélèvements au cours de sédimentation sur une profondeur et un moment précis pour chaque élément.
- La séparation enfin des sables fins et grossiers par tamisage.

Après le séchage des échantillons dans l'étuve à 105 °C pendant 24 heures on va peser les échantillons.

Avec des formules mathématiques, on peut déterminer le pourcentage de chaque élément dans le sol.

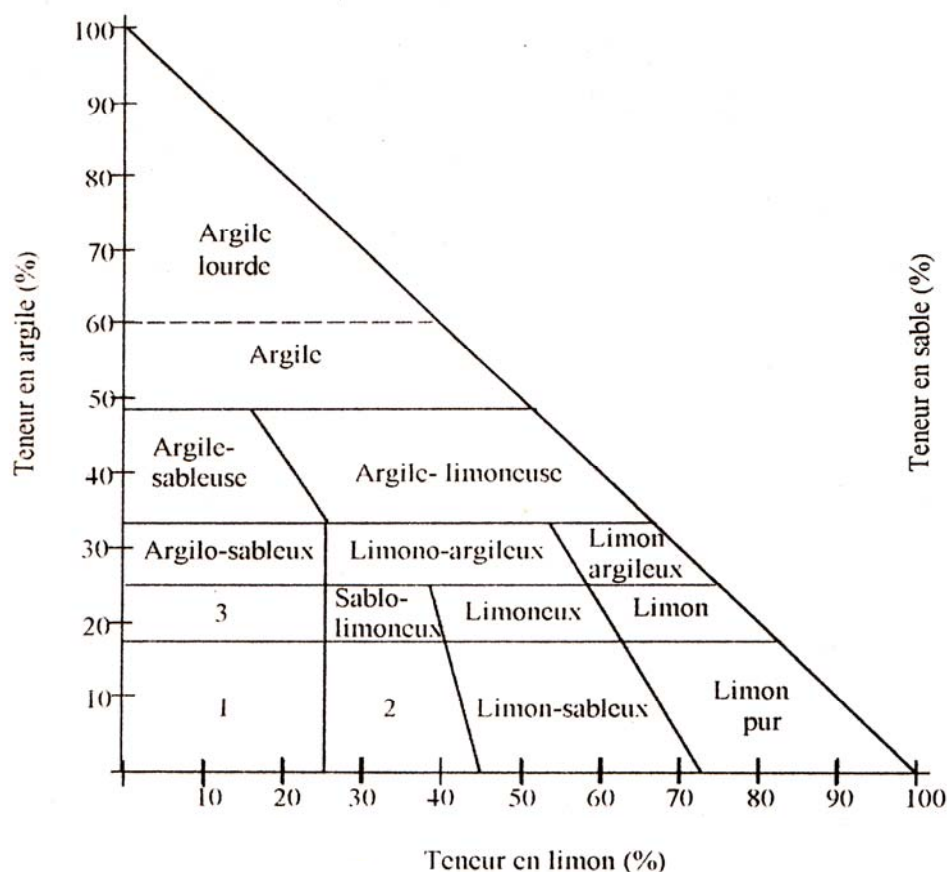
Selon AFFEISSA (2000), ces constituants se trouvent généralement dans tous les sols avec des proportions variables selon le type du sol.

D'après BAIZE et JABIOL (1995) ; MOREL (1996), pour choisir une classe texturale, il faut essayer d'apprécier la part des trois constituants majeurs (argile, limon et sable) selon les principaux triangles français (**figure n° 05**), par exemple :

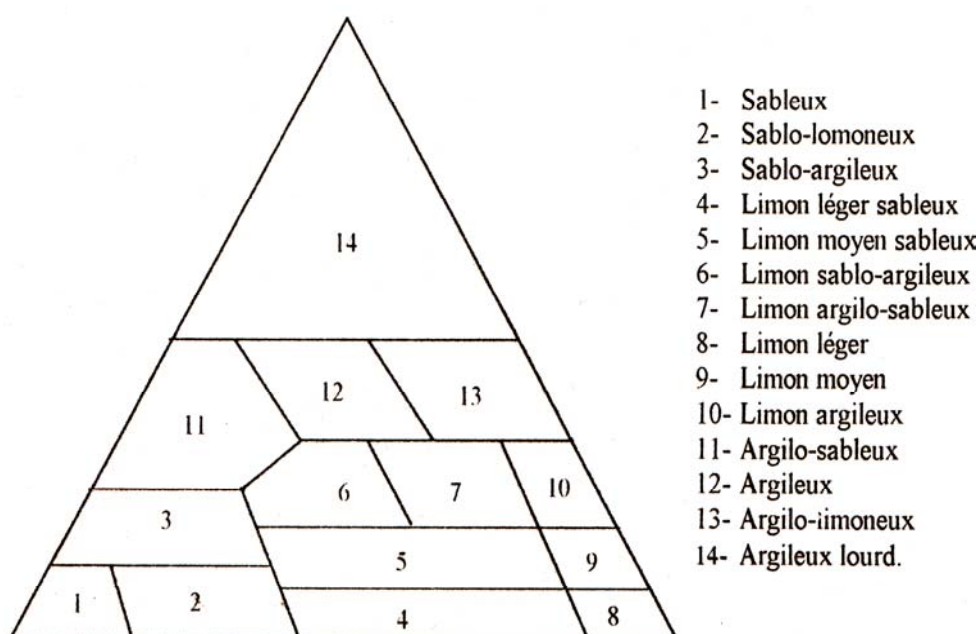
- **Limon sableux** : On détecte bien la présence du sable mais il n'est pas dominant car la sensation « talqueuse » domine ; échantillon non collant ;
- **Sable limoneux** : Les sensations dues au sable deviennent dominantes dans le mélange ;
- **Sable argileux** : Les sensations dues au sable restent dominantes mais l'échantillon devient plus ou moins collant et plastique ;
- **Argile sableuse** : Le matériau humide est plastique, dur collant mais frotte encore nettement ;
- **Argile limoneuse** : Echantillon doux comme le limon mais moins souple et légèrement collant.

Selon BAIZE et JABIOLE (1995), une dénomination du type « argile sableuse » ou « argilo sableux » n'indique pas qu'il y a majorité de particules inférieures à 2 µm dans l'échantillon, mais que les propriétés dues à l'argile y dominent. Pour cette raison la classe texturale « argilo sableuse » débute :

- à 25 % d'argile dans le triangle de JAMAGNE ;
- à 18 - 22.5 % pour le triangle de GEPPA ;
- à 15 % pour HENIN.



Classe texturale (HENIN, 1969)



Classe texturale (JAMAGNE, 1967)

Figure n° 05 : Les triangles de texture

2- LA STRUCTURE DU SOL

3.1- Définition

La structure du sol représente le mode de disposition et d'arrangement des constituants solides qui déterminent la texture du sol.

D'après (WIKIPEDIA, 2005) ; la structure du sol est défini par la façon d'arrangement naturelle et durablement des particules élémentaires en formant ou non un agrégat. Autrement dit l'agrégat c'est l'organisation naturelle des constituants du sol (**figure n° 06**).

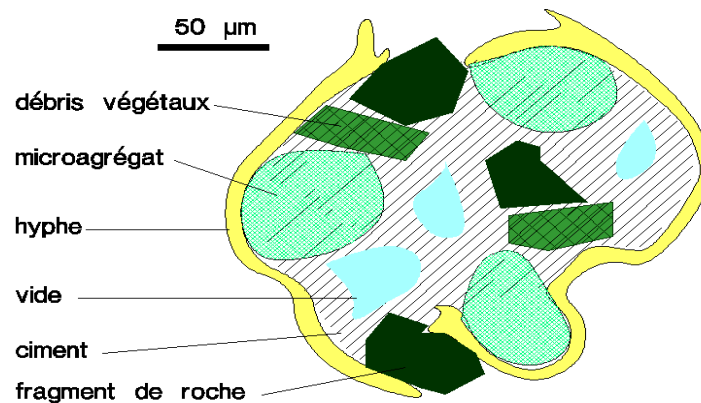


Figure n° 06 : Structure schématique d'un macro-agrégat (BAUCHAMP 1989).

La structure du sol fait référence à la façon dont les particules de sable, de limon, et d'argile sont disposées les unes par rapport aux autres (**figure n° 07**)

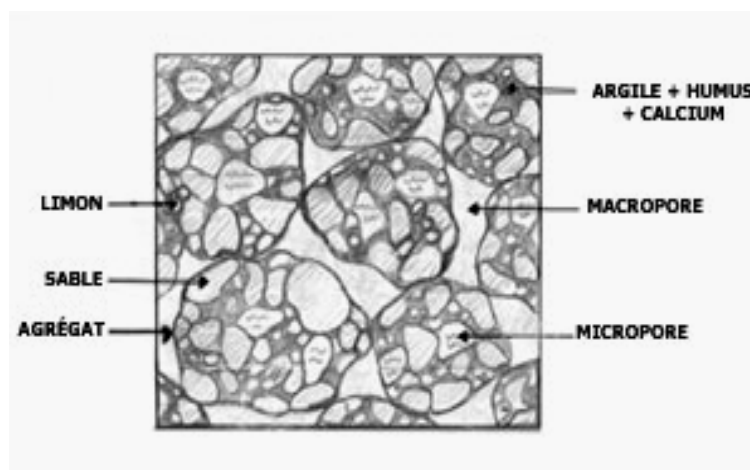


Figure n° 07 : Structure du sol (BAUCHAMP, 1989).

Les constituants qui donnent la forme de structure d'un sol sont assemblés sous forme de feuillets plus ou moins tassés et les liaisons entre eux sont plus ou moins soudées selon le type du sol et aussi des éléments qui le forment.

Selon MOREL (1996), la partie solide du sol cultivé est généralement constituée de 95% des éléments minéraux et de 5% des éléments organiques. Ce complexe est organisé sous le nom de structure du sol ou le mode d'arrangement des éléments de ce sol. Cette opération concerne les classes granulométriques (sable, limon, argile) qui sont considérées.

La structure du sol contrairement à la texture ne change pas ; elle évolue dans le temps.

D'après le même auteur MOREL (1996), il est facile de se faire une idée des changements de structure d'un sol en l'observant quant il est mouillé et quant il est sec :

- Un sol mouillé : les constituants du sol semblent former une pâte.
- Un sol sec : le sol se détache en une poussière qui s'écoule facilement entre les doigts.

Selon AFEISSA. (2000), pour caractériser une structure d'un sol, il faut déterminer l'arrangement des éléments structuraux sous trois aspects :

- La forme et la taille des éléments structuraux
- L'importance relative des pores et des parties solides qui déterminent la porosité du sol ;
- la résistance de la structure à la rupture (l'intensité des liaisons entre les éléments structuraux).

Il y a lieu de distinguer les deux propriétés structurales suivantes :

- **La stabilité structurale** : est l'aptitude d'une terre à résister à la dégradation de son état structurale par l'eau (CEDRA, 1993).
- **L'activité structurale** : est l'aptitude d'une terre de se dégrader naturellement après avoir subi des compostages par lissage sur certaines pièces travaillantes (socs, lames de roues rotatives,...) (CEDRA, 1993 ; DUCHAUFOUR, 1988).

Selon DUCHAUFOUR (1998), la structure d'un sol détermine la répartition dans l'espace de matière solide et des pores dont certains sont occupés par l'eau, d'autres les plus grossiers par l'air.

3.2- Méthode de détermination de la structure

Selon le groupe de la société SCHL, on peut déterminer la structure du sol par deux méthodes :

3.2.1- Test de détermination sur place

- Recharger les plaques de sol nu où aucune plante ne pousse ainsi que les zones où se forment des flaques d'eau.

- Creuser dans le sol ; votre pelle devrait pénétrer assez facilement dans un sol non remanié qui possède une bonne structure et une bonne porosité. Un sol argileux est plus dense qu'un sol sableux mais il ne devrait pas être impénétrable.

3.2.2- Test au laboratoire

On peut déterminer la structure du sol directement par les lames minces sous un microscope électronique ou indirectement par la mesure de la porosité et selon la taille et la répartition des pores. On peut classer la structure du sol si elle est bonne ou non (figure n° 08).

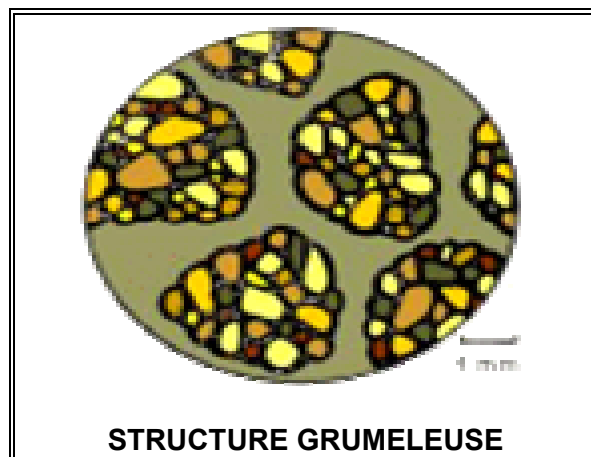


Figure n° 08 : La structure du sol sous un microscope électronique (SAYED, 2001)

3.3- Types de structure du sol

Des grands types de structure sont prédéfinis d'après SCHUT (2001) :

3.3.1- Structure particulière

Caractériser les sols à texture grossière, sableuse ou sablo-limoneuse.

Des grands types de structure sont prédéfinis d'après SCHUT (2001) :

3.3.1- Structure lithique ou lithologique

Absence d'agrégats, structures non pédologiques héritées de la roche mère.

3.3.2- Structure massive ou continue

Absence d'agrégats, horizon cohérent, pouvant plus ou moins solidifié par des ciments.

3.3.3- Structure particulière

Absence d'agrégats, horizons non cohérents, constitué de particules (minérales ou organiques) individualisées et libres.

3.3.4- Structure grenue

Agrégats à forme nettement arrondies, plus ou moins sphériques, peu ou non poreux à faces courbes.

3.3.5- Structure grumeleuse

Agrégats à forme nettement arrondie, poreux, présentant un ensemble complexe de faces courbes dominantes et de faces planes à surfaces irrégulières, agrégats irréguliers ; ces grumeaux sont souvent plus ou moins agglomérés entre eux.

3.3.6- Structure cubique

Agrégats à face plane nette et peu nombreuse, angles verticaux et horizontales vives et toutes sensiblement de la même dimension.

3.3.7- Structure polyédrique anguleuse

Agrégats sans orientation préférentielle, faces planes, angles anguleux et vives

3.3.8- Structure granulaire

Matériels constitué en grande partie d'accumulation millimétriques globulaires plus ou moins remanié mais toujours individualisé.

Le **tableau n° 05** résume les principaux types de structure du sol.

Tableau n° 05 : types de structure du sol (SCHUT, 2001)

	Type	Sous-type	Grosseur (mm)
1.	Sans structure: aucune agrégation visible ni disposition ordonnée et définie autour des lignes naturelles de faible résistance.	A. Particulaire: masse meuble et non cohésive de particules isolées, comme les sables.	
		B. Amorphe (massif): masse cohésive ne présentant aucun signe d'une disposition définie des particules.	
2.	Polyédrique: particules disposées autour d'un point et délimitées par des surfaces planes ou arrondies.	A. Polyédrique (polyédrique angulaire): faces rectangulaires et aplaties, à arêtes très aiguës.	<10 10-20 20-50 >50
		B. Polyédrique subangulaire: faces subrectangulaires à arêtes surtout obliques ou subarrondies.	<10 10-20 20-50 >50
		C. Granulaire-sphéroïdale à arêtes arrondies.	<2 2-5 5-10
3.	Lamellaire: particules disposées sur un plan horizontal et généralement délimitées par des surfaces relativement planes et horizontales.	A. Lamellaire: plans horizontaux plus ou moins formés.	<2 2-5 >5
4.	Prismatique: particules disposées autour d'un axe vertical et délimitées par des surfaces relativement planes et verticales.	A. Prismatique: faces verticales bien définies et arêtes aiguës.	<20 20-50 50-100 >100
		B. Colonnaire: les arêtes verticales près du sommet ne sont pas aiguës. Les colonnes peuvent avoir un sommet plat, arrondi ou irrégulier.	<20 20-50 50-100 >100

4- LA POROSITE DU SOL

4.1- Définition

La première conséquence de la structure du sol est que ce dernier est un milieu discontinué plus ou moins poreux sous l'effet de l'eau, du trajet des racines et de la flore du sol. Le sol subit des changements de la structure et forme des vides ou des espaces lacunaires qui varient dans la taille et la longueur selon l'architecture des sols. Ses fissurations donnent ce qu'on appelle (la porosité du sol) (**figure n°09**).

Cependant la porosité d'après OLLIER et POIREE, (1981) est le volume des espaces lacunaires qui sont remplies d'eau et d'air par rapport au volume total de la terre. Elle est exprimée en pourcentage.

Le tableau ci-dessous donne le pourcentage des pores pour certains types de sol.

Tableau n° 06 : Pourcentage des pores selon le type du sol
(OLLIER et POIREE, 1981)

Sol	Porosité (%)
Craie sénonienne	31
Limon compacte	34
Sable grossier	39
Argile à silex	40
Sol a pâturé	47
Tourbe	80

DECHAUFFOUR (1977), définit la porosité par le volume des vides dans un sol par rapport au volume total.

Selon RIOU (1990), la porosité est un indice du volume relatif des pores et cette fraction volumique peut varier de 30 à 35 % dans les sols à texture très fine et très tassée, à 70 % dans les sols riches en calcium et en humus et à texture équilibrée.

La porosité d'un horizon est essentielle pour tout ce qui concerne la réserve en eau, la circulation des fluides (eau et air) et les possibilités d'enracinement. Malheureusement le volume, les dimensions et l'organisation des pores ne sont véritablement accessibles à la description macromorphologique sur le terrain. La porosité ne peut pas être approchée et quantifiée sérieusement que par des techniques physiques appropriées ou in situ de la porosité totale par l'intermédiaire de la densité apparente ou du volume massique, ou par

des observations et mesures sur les lames minces (micromorphologie et analyse d'image) en évitant les artefacts liés au dessèchement des échantillons (BAIZE et JABIOL, 1995).

La valeur de la porosité détermine les principales propriétés des sols.

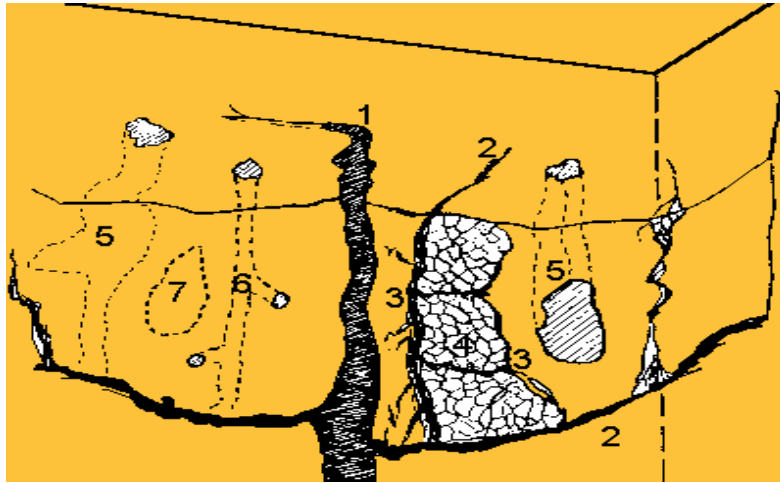


Figure n° 09 : Porosité du sol (d'après GAUCHER, 1968).

Légende :

- (1) grosse crevasse déterminant la structure
- (2) crevasse de 2^{ème} ordre délimitant les agrégats.
- (3) Fissures fines déterminant la sous-structure
- (4) Canalicules de faible diamètre.
- (5) Grosse lacune traversant les agrégats
- (6) Lacune tubulaire creusée par un lombric
- (7) Lacune aveugle

4.2- Mesure de la porosité totale

Selon GRAS (1972), la porosité totale représente le volume des pores contenus dans un volume apparent d'un sol donné.

Pour un échantillon du sol, le volume apparent est la somme du volume du solide (volume réel) et du volume des espaces lacunaires

$$\text{Volume apparent} = \text{volume poral} + \text{volume réel.}$$

On peut calculer la porosité totale en se basant sur la densité de la phase solide et la densité du sol d'après SOLTNER (1986) et la formule utilisée est la suivante :

$$P = 1 - \left(\frac{d_v}{d} \right) \times 100$$

P_{tot}: Porosité totale (en pourcentage de volume)

d_v : Densité du sol

d : Densité de la phase solide du sol

KATCHINSKI (1983) propose une échelle pour étudier l'évaluation de la porosité totale résumée dans le tableau suivant :

Tableau n° 07 : Evaluation de la porosité totale du sol

(KATCHINSKI in KAOURITCHEV , 1983)

Porosité totale	Appréciation qualitative
> 70	Sol gonflé excessivement poreux
55 – 65	Sol excellent, couche arable cultivable
50 – 55	Satisfaisant pour la couche arable
< 55	Insatisfaisant pour la couche arable
40 – 25	Porosité trop basse, caractéristique des horizons illuviaux tassés

Une analyse de la porosité totale d'un sol limono-argileux dans ses différents états structuraux donne les résultats suivants (**tableau n° 08**).

Tableau n° 08 : Analyse de la porosité d'un sol limono-argileux

(MOREL, 1996).

Valeurs caractéristiques	Sol fraîchement travaillé	Sols plusieurs mois après travail		Sol non travaillé
		Non roulé	Roulé	
Densité apparente	0.92	1.28	1.42	1.56
Porosité totale (P) %	0.66	0.53	0.48	0.43

4.3- Nature des pores :

4.3.1- *La porosité texturale*

Selon TESSIER (1984), la porosité texturale est le résultat de la juxtaposition des unités morphologiques les unes à côté des autres au sein d'une pâte argileuse ménageant entre elles des vides.

Elle est influencée d'après DERDOUR et al. (1993), par la granulométrie du sol et la teneur en carbone.

FEIS (1984), subdivise ce genre de porosité, en porosité interne propre à la fraction argileuse, et en porosité de lacune de taille plus grande, résultant de l'assemblage squelette argile. Sa détermination peut être réalisée par la mesure de la masse volumique ou densité texturale, de petits agglomérats terreux de 2 à 3mm de diamètre.

Selon KHACHAI. (2001), la porosité texturale est appelée porosité minimale est peu affectée par le travail du sol, mais dépend du tassement.

4.3.2- *Porosité structurale*

D'après BOIFFIN et MARIN-LAFLECHE (1990), explique la notion de porosité structurale par l'ensemble des pores qui délimitent les éléments structuraux que l'on observe lors de la description du profil cultural.

Selon KHACHAI. (2001), la porosité structurale ou la porosité fissurale est le résultat des variations saisonnières. Elle est maximum quand le sol est sec, mais elle disparaît presque totalement quand le sol est humide.

CABIDOUCHE et al (1998), subdivisent la porosité structurale en trois sous-assemblages :

- ✓ Les macrofissural (inter-mottes) qui séparent les prismes ;
- ✓ Les intra-prismes (intra-mottes) sont des vides laissés par le regroupement de plusieurs unités structurales ;
- ✓ Les fissures matricielles ou fissures de retrait, définies par le réseau tactoïde des argiles. On parle donc de sur-structure, structure et sous-structure.

Pour CHRETEIN (1986), la porosité structurale est dite pédologique, si elle est associée à la genèse du sol.

4.3.3- Porosité biologique

La structure du sol est traversée par des galeries des micro-organismes telluriques et d'enracinement qui facilitent la circulation de l'eau et de l'air, c'est la porosité biologique.

Selon JEANSON (1971), les horizons supérieurs à microfaune (termites et nématodes) ont des densités apparentes très faibles (0.4- 0.8) et une porosité de l'ordre 70 %. Les microfaunes sont à l'origine de la microporosité qui dépose en place des pores cylindriques. Elles sont d'une grande stabilité quelque soit les variations du taux d'humidité (VANNIER, 1971).

A coté de ces porosités, l'agriculteur intervient pour : soit augmenter la porosité par le labour et le scarifiage soit pour la réduire par le roulage (KHACHAI., 2001).

4.4- Types de porosité

La porosité totale se subdivise selon MOREL (1996), en deux groupes :

4.4.1- La microporosité ou porosité capillaire

La porosité capillaire correspond après ressuyage du sol aux pores qui contiennent de l'eau retenue par les forces capillaires avec un diamètre de 6µm et 0.2 µm selon la texture du sol. Selon KHACHAI. (2001), la microporosité retient l'essentiel de la réserve en eau utilisable par les plantes. Les micropores sont accessibles aux bactéries et ceux qui ont un diamètre de 6µ permettent la pénétration des poiles absorbants.

4.4.2- La macroporosité ou porosité non capillaire

La macroporosité représente les pores qui sont remplis par l'air tandis que l'eau est renfermée dans ces pores et sous l'influence de la force de gravité, elle laisse la place à l'air.

Selon DUCHAUFOUR (1977), elle dépend de la structure du sol et son degré de fissuration, et partiellement de la texture. Les fortes granulométries impliquent une macroporosité et une circulation rapide de l'eau gravitaire sans déformer le matériau.

La macroporosité correspond à deux classes :

- Les pores de diamètre supérieur à 2mm sont accessibles aux vers de terre, et à la minifaune du sol ;

- Les pores de diamètre compris entre 0.2 et 2 mm sont à la limite de la visibilité à l'œil nu.

Selon RIOU (1990), la limite entre macro et microporosité se situe entre 8 à 40µm selon les sols ; et pour un même sol en fonction des variations saisonnières de l'activité biologique la différenciation demeure essentielle, puisque le rapport microporosité/macroporosité est un indice d'aération, qui intervient tant au niveau des processus de pédogenèse, que dans les relations sol-végétation.

III- L'EAU DANS LE SOL

1- LE ROLE DE L'EAU DANS LE SOL

L'eau qui se trouve dans le sol provient naturellement des pluies, elle joue un rôle très important soit pour le sol lui-même soit pour les plantes qu'il porte.

- L'eau est un facteur fondamental de la genèse des sols et de leur évolution
- L'eau est un élément constitutif de la plante où la matière végétale contient 60 à 95 % d'eau.
- L'eau apporte à la plante les éléments minéraux essentiels pour sa nourriture.

L'eau constitue donc par l'intermédiaire de la solution du sol, la base essentielle de l'alimentation des plantes puisque sans eau il n'y a pas de végétation possible. En revanche l'eau en excès est nuisible car elle asphyxie les plantes. Il en faut donc ni trop peu ni trop (LASNIER et LACHAISE, 1973).

2- HUMIDITE DU SOL

2.1-Généralités

Selon OLLIER et POIREE, (1981) l'humidité d'un sol est la quantité d'eau qu'il contient.

Pour bien maîtriser la notion d'humidité, il faut déterminer d'abord sous quelle forme on peut trouver l'eau dans le sol, et quel est son comportement vis-à-vis du végétal (RAMAD. 1984) (**figure n° 10 et 11**).

1.1.1- L'eau de gravité

L'eau de gravité ou l'eau de saturation, s'écoule d'abord rapidement puis plus en plus lentement, quittant les espaces les plus grands qui se remplissent d'air.

Cette eau occupe la macroporosité du sol, lorsque l'eau cesse de s'écouler, la terre ressuyée atteint son taux d'humidité à la capacité au champ.

1.1.2- L'eau utilisable par la plante

C'est l'eau que retient ainsi un sol soit à l'intérieur du micropore (pores capillaires) soit sous forme de films assez épais autour des éléments solides.

Si le taux d'humidité du sol augmente, l'eau qui s'y fixe essentiellement dans les petits interstices –eau utilisable- va être soumise principalement aux forces de capillarité. Les forces d'adsorption décroissent très rapidement au delà du contact immédiat avec les particules solides et les forces de pesanteur et hydrostatiques ; Ces forces n'ayant toujours qu'une très faible valeur relative par rapport aux forces capillaires.

1.1.3- L'eau inutilisable par la plante ou l'eau hygroscopique

D'après DOURENBOS. J et PRUITTTW. O (1988) l'eau hygroscopique est l'eau qui enrobe les particules les plus fines du sol (Argile) en formant une couche mince. Elle constitue la fraction de l'eau qui se retient avec des plus grandes énergies que toutes les autres fractions.

L'eau hygroscopique est en équilibre avec l'humidité relative de l'air. C'est pour cette raison qu'on définit le plus souvent l'eau hygroscopique comme la quantité d'eau absorbée par le sol en équilibre avec l'atmosphère. Cette quantité d'eau dépend de la texture du sol et est généralement immobile et non utilisable par les plantes (**figure n° 10**).

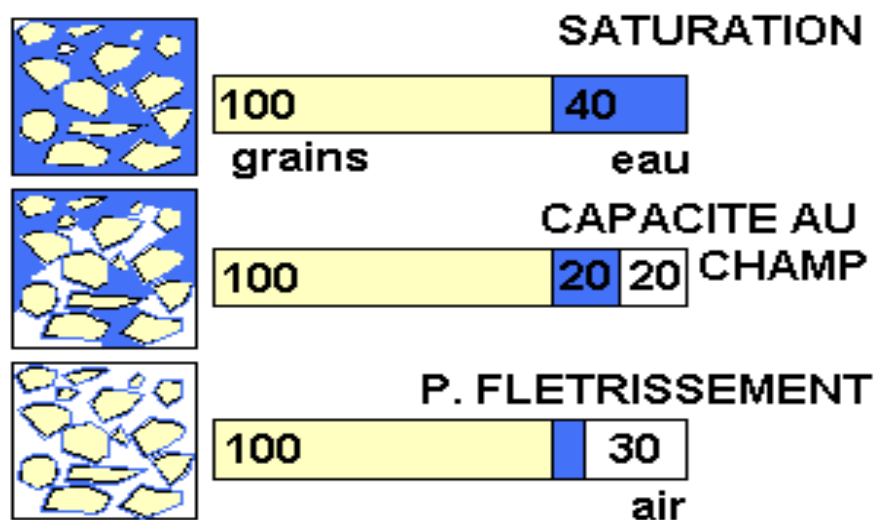
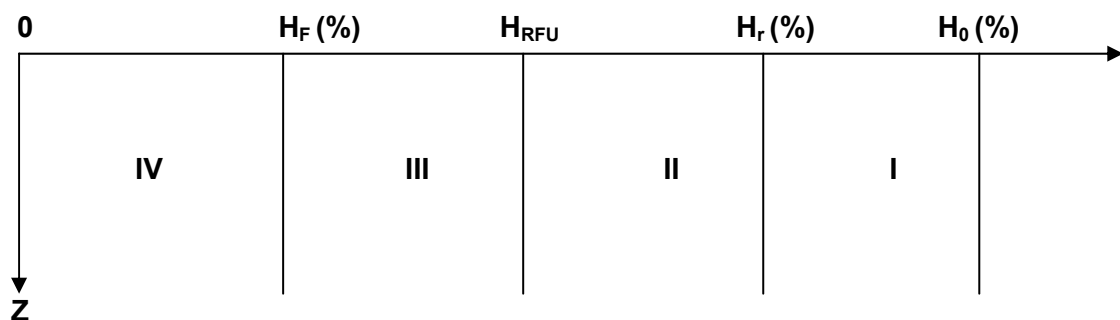


Figure n° 10 : L'état de l'eau dans le sol (d'après CHARLES O, 1994).



H_0 : Saturation à pF_0 ;

H_r : Humidité à la capacité de rétention à pF (2.7 à 3) ;

H_{RFU} : Humidité après épuisement de la réserve utilisable ;

H_F : Humidité du sol au point de flétrissement à pF 4.2 ;

I : L'eau de graviter ;

II : L'eau facilement utilisable ;

III : L'eau difficilement utilisable ;

IV : Eau du sol à un pF supérieur à 4.2 ou l'eau d'hygroscopicité ;

Figure n° 11 : Représentation du stock total d'eau par quatre compartiments d'après (JOURDAN, 1983)

1.2- Mesure d'humidité

Selon HILLEL, (1974) l'humidité peut être exprimée de diverses manières, par rapport à la masse solide, à la masse totale, au volume de solide, au volume total et au volume des pores. L'humidité d'un sol peut être déterminée sur place et expérimentalement comme suit :

1.2.1- *Test sur terrain*

Selon le groupe de la société SCHL (2004)

- On examine le degré d'humidité du sol à différentes saisons afin de préciser les endroits auxquels l'eau s'écoule ou s'accumule et on trouve les dépressions, les points bas et sont plus humides et plus mouillés que les pentes et les endroits surélevés.

1.2.2- Test au laboratoire

On prend un poids connu de sol (P) on le met à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures ; après le séchage ; On pèse une deuxième fois notre échantillon du sol (P₁) qui représente le poids de sol sec et on applique la formule suivante pour déterminer le taux d'humidité en pourcentage.

$$H \% = \frac{P - P_1}{P_1} \times 100$$

Cette méthode c'est la plus utilisable.

2- VALEURS DE L'HUMIDITE D'UN SOL

2.1- Humidité de rétention (H_r) (Capacité de rétention)

La capacité de rétention d'après GAUCHER (1968) ; est la quantité d'eau capable d'être conservée par le sol, qui a été saturé puis subi un drainage qui s'exerce librement.

Selon DUCHAUFOR (1965), la capacité de rétention c'est la quantité maximale d'eau capillaire retenue par le sol. Selon le même auteur, la capacité au champ est une valeur approchée par excès de la capacité de rétention.

On peut mesurer la capacité de rétention d'après SOLTNER (1986) sur un sol préalablement engorgé d'eau, après 48 heures de ressuyage avec une protection contre l'évaporation. Par la même méthode de mesure d'humidité, pour certains sols à mauvaise perméabilité ; le ressuyage peut demander une longue durée parfois plus 10 jours, c'est pour quoi on détermine au laboratoire la capacité de rétention qui détermine aussi la quantité d'eau que ce sol peut retenir (ROCHE, 1977).

2.1- Les facteurs influençant la variation de la capacité de rétention

2.1.1- La texture

Selon MAHIOU (1996) l'eau qui y pénètre au sol, peut circuler librement dans les sols à texture grossière (sols sableux).en revanche, l'eau retenue plus ou moins fortement dans le cas des sols à texture fine (sols argileux). Les particules fines sont donc un facteur de rétention d'eau.

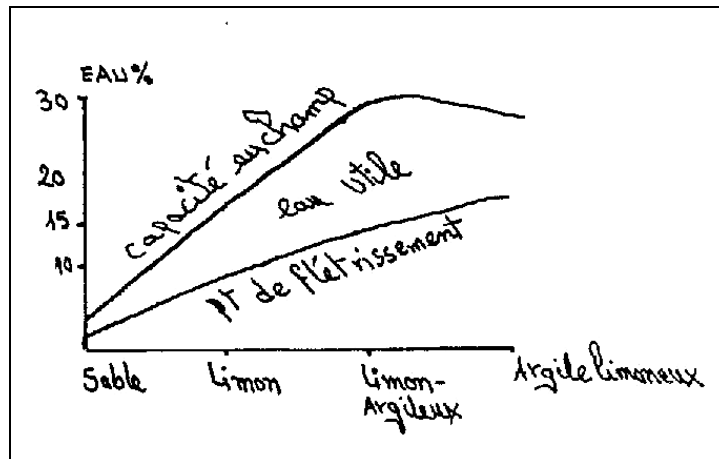


Figure n° 12 : variation de l'eau utile en fonction de la texture des sols (DUCHAUFOR, 1965).

2.1.2- La structure

Selon le mode d'arrangement des différentes particules du sol, varie la teneur du sol en eau (HENINS, 1974).

Dans les sols tassés, les pores sont plus ou moins fins et plus nombreux que les macropores, ils retiennent donc fortement l'eau. Contrairement les sols contiennent des pores de grandes tailles sont des sols qui retenue une faible quantité d'eau.

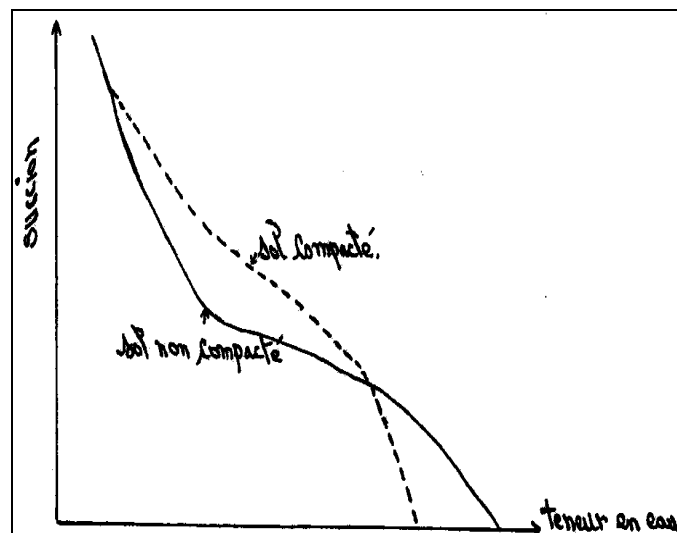


Figure n° 13 : influence de la structure du sol sur la rétention de l'eau (HILLEL., 1974).

2.1.3- La teneur en gypse

BOYADJIEV (1974), montre que la quantité d'eau retenue par le sol est minimale quand la teneur du sol en gypse est d'environ 25 %. La quantité d'eau retenue par le sol augmente respectivement si la teneur du sol en gypse augmente au dessus du 35 % et même si elle est diminuée de 25 % à 10 %.

2.1.4- La teneur en sels solubles

La capacité de rétention en eau diminue en fonction de la nature des cations dans l'ordre :

$$\text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++} > \text{K}^+. \text{ (HORTON in HAMOUDI, 1983).}$$

Selon AYERS et WESTCOT (1988), la capacité de rétention en eau du sol est en fonction croissante de la conductivité électrique de la solution du sol. Ils ont trouvé que plus la conductivité électrique croît, plus la quantité d'eau retenue augmente.

2.1.5- La nature des argiles

Selon le type d'argile, varie la capacité de rétention d'eau par le sol.

Les minéraux non gonflants de faible surface spécifique (illite, kaolinite) peuvent absorber de 100 à 200% de leur poids à pF 1 ; par contre les minéraux gonflants, les smectites (montmorillonite) peuvent absorber jusqu'à 500% de leur poids (TESSIER et PEDRO, 1974).

2.1.6- La matière organique

La matière organique agit indirectement sur la rétention de l'eau par le sol, elle a un effet améliorant de la stabilité structurale (effet de l'activité biologique dans le sol) et améliore en revanche la structure du sol (SOLTNER, 1986).

3- POINT DE FLÉTRISSEMENT

Le point de flétrissement présente l'état hydrique du sol auquel les plantes ne peuvent plus puiser de l'eau nécessaire à sa croissance et flétrissent de manière réversible (MOREL, 1996).

Selon BEAUCHAMP (1989), c'est le seuil en dessous duquel les racines ne peuvent plus extraire l'eau du sol « les racines exercent une succion jusqu'à 1500 kPa pour puiser l'eau ».

Les valeurs données par HENIN (1977), montrent que l'humidité au point de pF 4.2 (15 atmosphères) varie en fonction de la nature des sols :

Sable	2.5%
Sable argilo-limoneux.....	6%
Limono argileux.....	13%
Argile limoneuse.....	20%

On peut le mesurer d'après SOLTNER (1989), soit par la mesure de l'humidité du sol lorsque la plante se fane soit au laboratoire par centrifugation ou la presse à membrane.

Le **tableau n° 09** rappelle quelques résultats concernant la relation entre le point de flétrissement, la texture du sol et l'espèce végétale obtenue par BRIGGS et SHANTZ (1912).

Tableau n° 09 : variation du point de flétrissement permanent avec la texture du sol

et l'espèce végétale. (ROBERT MOREL 1996 in BRIGGS et SHANTZ, 1912).

Texture Espèces végétales	Sable grossier	Sable fin	Limon sableux	Limon	Limon argileux
Maïs	1.07	3.1	6.5	9.9	15.5
Sorgho	0.94	3.6	5.9	10.0	14.1
Blé	0.88	3.3	6.3	10.3	15.5
Avoine	1.07	3.5	5.9	11.1	14.8
Pois	1.02	3.3	6.9	12.4	16.6
Tomate	1.11	3.3	6.9	11.7	15.3
Riz	0.96	2.7	5.6	10.1	13.0
Moyenne	1.01	3.3	6.3	10.8	15.0

Le **tableau n° 10** présente quelques résultats de point de flétrissement en relation avec la capacité au champ et l'eau disponible par les plantes :

Tableau n° 10: Point de flétrissement, capacité au champ et eau disponible pour la plante en fonction de différents types de sols. Les valeurs sont exprimées selon le rapport (volume de l'eau contenue/volume du sol)- inspiré de ROWELL (1994).

Sol	Point de flétrissement	Capacité au champ	Eau disponible pour la plante
Argile	0,28	0,44	0,16
Terre argileuse	0,23	0,44	0,21
Terre grasse	0,14	0,36	0,22
Terre sableuse	0,08	0,22	0,14
Sable	0,05	0,15	0,10

4- L'HUMIDITE EQUIVALENTE

Selon OLLIER (1981), l'humidité équivalente est le taux d'humidité atteint par un échantillon de sol dans des conditions expérimentales bien définies. Elle est donc facile à déterminer exactement.

L'intérêt de l'introduction de l'humidité équivalent (H_e) est d'être en relation étroite avec les taux de l'humidité remarquable du sol (H_r et pF):

- La capacité de rétention d'un sol a une valeur sensiblement équivalente à l'humidité équivalente. Pour les sols sableux l'humidité équivalente (H_e) est inférieure à l'humidité de rétention (H_r).
- Le point de flétrissement pF serait lié à l'humidité équivalente par la relation :

$$H_e = pF \times 1.84.$$

En réalité ces relations ne permettent d'obtenir que des valeurs approchées (OLLIER, 1981).

I- GENERALITES

1- DEFINITION

La jachère est une technique agricole utilisée pour renouveler les propriétés du sol et réserver le maximum d'eau surtout dans les régions où les précipitations irrégulières.

La jachère consiste à laisser la terre sans culture ou en repos pendant une année. Elle est utilisée aussi comme une méthode contrôlée pour garder le sol en bon état pour bénéficier du période sans culture

D'après KLAJJI (1994), la pratique de la jachère est considérée depuis longtemps comme un moyen efficace de gestion du sol surtout dans les régions aride et semi-aride où la mise en jachère contribue surtout à augmenter l'humidité du sol.

LAPEYRONIE (1982), confirme cette information où il trouve que l'agriculture méditerranéenne est caractérisée depuis longtemps par une rotation biennale (jachère, blé) surtout dans les zones où la pluviométrie n'est pas suffisante comme un moyen d'emmagasiner de l'eau.

2- HISTORIQUE DE LA JACHERE :

2.1- L'expérience mondiale

L'homme a travaillé la jachère depuis l'époque des Carthaginois et plus précisément à l'époque de **MAGON (238 – 146 Av.j.c)** (BENSID et MONNEVEUX, 1989). Les romains en Italie reprennent les techniques du travail du sol pratiquées à CARTHAGE, il s'agit du :

- 1- Proscindère en Avril.
- 2- Itérase ou Offringère : fin juin début juillet.
- 3- Lirare : après le semis.

Le premier est un labour profond, le second est une sorte de binage et le troisième a pour but de recouvrir les semences.

Selon SAGNE (1950) L'origine de la pratique de jachère remonte aux premières cultures en terres sèches par les Romains. La jachère pâturée était très répandue à la veille de la colonisation alors que la pratique de jachère travaillée ou préparée de printemps a été signalée par des colons français dès 1845 (ABBAS, 2002). Cette dernière permettait

d'améliorer les rendements de blé mais seulement quand l'année pluviométrique est favorable.

D'après SEBILLOTE et al. (1993), l'historique de la jachère en Europe du Nord se justifiait, par les fonctions qu'elle remplissait, surtout au plan agronomique. La jachère s'est élaborée comme moyen d'adaptation cohérente avec l'ensemble formé par les techniques et le fonctionnement des exploitations agricoles.

La première pratique de la jachère est la jachère pâturée où les troupeaux pâturent les chaumes, les adventices et résidus des céréales. Elle a aussi pour objet l'entretien du stock de semences d'adventices du sol.

La jachère pâturée a pour but de réduire les risques de lixiviation de l'azote (ABBAS, 2002).

Le déplacement des animaux entraîne aussi des transferts d'éléments minéraux et de recyclage de la matière organique entre les parcelles à travers les lieux de stabulation ou de déjections (SEBILLOTE et al., 1993).

2.2- L'expérience algérienne

En Algérie ; la pratique de la jachère a été pratiquée la première fois dans les hautes plaines Sétifiennes en 1850 et la jachère intégrale dans le Tell constantinois en 1925 (LAUMONT, 1952). Dans la période de colonisation où elle commence par un semis de blé puis un labour d'enfouissement léger, pour conserver le maximum du sol (MAZOYER, 1970 in BELAID, 1996).

Avec le temps les besoins de l'agriculture coloniale dépassent les besoins de consommation aux besoins de commercialisation pour gagner le plus d'argent, il faudrait alors développer la production agricole ; le labour devient plus profond par la charrue à versoirs la jachère plus importante et donc le rendement sera plus intense même après dix ans de semis sans jachère (BELAID, 1996).

Les méthodes utilisées dans la jachère pour la céréaliculture ont inspirées directement des méthodes appliquées en Europe après la guerre (KRIBAA, 2003) ; elles sont basées sur :

- Le ramassage des résidus de récolte
- Passage d'une charrue à disque, plus facile d'emploi sur les sols argileux que la charrue à socs ou passage d'une déchaumeuse qui travaille plus vite.
- Passage d'un pulvérisateur à disques afin de niveler le sol et de rompre les mottes de terre pour faciliter la germination.
- En cas des sols tassés, on utilise un scarificateur pour les décompacter.

LAUMONT (1952), dans ses travaux révèlent que les premiers résultats concernant la pratique de la jachère en Algérie ont été obtenus dans les années cinquante où il est enregistré un rendement de 17 à 21 qx/ha pour les terres mise en jachère travaillée par rapport au rendement de 1.8 à 6.6 qx/ha pour la jachère nue ; les mêmes résultats presque sont indiqués dans une étude réalisée au niveau de l'I.T.G.C. (Setif) durant 1985/1986 à 1990/1991 sur une variété blé dur Mohamed Ben Bachir (KRIBAA, 2003 in I.T.G.C. 1992).

La pratique de la jachère nue verte donne le plus faible rendement sur un simple labour d'automne (12 qx/ha). Elle restait cependant la plus rentable économiquement suite à l'association de la pratique d'élevage (LAUMONT, 1952).

Concernant la réserve hydrique PERRIER (1973) montre après une étude expérimentale que les sols mis en jachère conservent un volume d'eau supérieur ou égal 60mm et c'est le volume accessible pour le développement des racines.

Des essais ont été réalisés durant une période de six ans (85/86 à 90/91) sur les performances du blé dur (Mohamed Ben Bachir) au niveau de la station expérimentale de Sétif (I.T.G.C., 1992), les résultats obtenus montrent que quelque soit l'année agricole, les meilleurs rendements sont enregistrés sur le précédent cultural jachère travaillée comparativement au rendement après, fourrage de vesce avoine, pois fourrager ou le blé contenu (I.T.G.C., 1992).

II- TYPES DE JACHER

1- LA JACHERE NATURELLE (LA JACHERE NUE)

C'est le type de jachère le plus répandu aujourd'hui en l'Afrique du Nord et surtout en Algérie. Il consiste à laisser, pendant plus d'un an, la terre à l'état où l'on a laissé la dernière récolte de céréales (GRILLOT, 1950).

Selon ICRAFKSM (2005), la jachère naturelle est tout simplement une mise au repos des terres sans les cultiver. On laisse le champ libre à la végétation naturelle pendant un certain temps afin de restaurer la fertilité du sol.

Selon SEBILLOTTE et al. (1993), la jachère nue est une technique qui consiste à maintenir le sol sans végétation « nu » autant que faire se peut, en général durant au moins une année. Elle est inculte :

- Une jachère pâturée avec labour avant le semé.
- Une jachère préparée à l'été après fauchage ou pâturage.

L'abandon de la terre pendant plus d'un an s'explique en réalité surtout par la nécessité d'obtenir de quoi alimenter un abondant cheptel (ovins, bovins, caprins) grâce à une végétation naturelle qui se développe sur les chaumes pendant les périodes humides.

L'utilisation de cette végétation naturelle se fait :

- Soit par l'intermédiaire du pacage (jachère pâturée ou jachère pacagée ou pacage de chaume).
- Soit par l'intermédiaire de la fauche du fourrage (jachère fauchée produisant des foin de chaumes).

Dans le cas de la jachère pâturée, ce sont en réalité surtout la paille laissée sur pied et les épis ou grains tombés à terre qui constituent l'essentiel de l'alimentation des animaux.

Mais le passage des animaux et le piétinement qu'ils provoquent, produisent un tassement préjudiciable à l'infiltration de l'eau, donc, il n'y a pas une constitution des réserves hydriques ; le sol absorbe une faible part des pluies de l'automne et de l'hiver qui viennent après la récolte et une faible part de pluie de printemps qui suit.

La pratique de cette technique est aussi visé à contrôler les mauvaises herbes et améliorer l'humidité du sol ; mais laisse les sols plus exposés à l'érosion hydriques et éolienne et augmenter les pertes en matières organique et les éléments minéraux ; les sols mis en jachère contiennent moins de carbone que celles qui produisent une récolte chaque année.

Les avantages de cette technique sont :

- La possibilité d'une nourriture « gratuite » du cheptel.
- La conservation de la matière organique, mais à un faible niveau (accumulation des débris de la végétation naturelle, chaumes de céréales, déjections des troupeaux), et à condition que ne se développent pas les phénomènes d'érosion (BENSID et MONNEVEUX, 1989).
- Une bonne productivité du travail mais avec une faiblesse dans les rendements céréaliers.

D'une façon générale la jachère naturelle a deux effets néfastes :

- Elle accélère la décomposition de la matière organique dans le sol.
- Supprimer les apports pendant l'année sans culture

2- LA JACHERE AMELIOREE (JACHERE TRAVAILLEE)

2.1- Les préparés d'automne

Il n'y a pas une définition précise pour les préparés d'automne, chaque agriculteur la conçoit selon sa philosophie, il y a ceux qui font seulement le labour profond en suivant la terre pour laisser infiltrer les eaux de pluies et enrichir la nappe phréatique, et il y a ceux qui peuvent faire des reprises de labour, mais cette technique présente l'inconvénient d'érosion (BENSID et LAHMAR, 1990).

Les préparés d'automne sont pratiquées par deux façons :

- Un seul labour profond en ouvrant la terre pour laisser s'infiltrer les eaux des pluies.

- Un labour profond suivi de façons superficielles à plusieurs passages ; le premier passage c'est avec le cover-crop, le deuxième avec le cultivateur (DIEHL, 1975 ; LAHMAR, 1989).

Les passages répétés de ces instruments permettent certains avantages qu'on peut citer :

- Un contrôle efficace des adventices.
- Meilleure aération du sol.
- Préparation d'un lit de semence propre, bien affiné et compact.

Mais elle présente certains inconvénients comme :

- Une perte d'eau importante par l'évaporation.
- Augmentation de la compaction du sol sous l'effet des passages répétés de tracteurs et d'outils de travail du sol (LAHMAR, 1989).

2.2- Les préparés de printemps :

Les préparés de printemps sont : « la forme la plus moderne des techniques de l'antiquité » (ERROUX, 1971). En fait la pratique d'ouvrir une jachère par un labour de printemps était connue et pratiquée en Afrique du Nord bien avant la colonisation (YACONO, 1953 in LAHMAR, 1989). Mais elle était limitée aux secteurs les plus arrosés.

Au cours du dernier quart du 20^{ème} siècle, elle est développée par les colons espagnols dans la région de : Sidi Bel-Abess par la compagnie genevoise à Sétif et par les colons alsaciens à Oued Fodda dans le Cheliff (1979) (BENSID et MONNEVEUX, 1989).

Dans cette technique, les terres ayant porté une culture céréalière ne reçoivent aucune façon culturale depuis la récolte, jusqu'à la moitié de l'hiver suivant, à partir du printemps et jusqu'au semis (novembre), les terres sont maintenues propres et meubles par :

- Un labour d'ouverture (mars – avril).
- Des recroisements légers (mai – juin) (juillet – août – novembre) avant le semis (MANICHON et LEBRIS, 1978 in LAHMAR, 1989).

Toutefois, les préparés de printemps rentabilisent mal les pluies de l'automne et de l'hiver qui suivent la moisson, puisque le labour n'est effectué qu'au printemps de l'année suivante : ce système ne permet donc pas la constitution des réserves hydriques très importantes et laisse échapper l'eau de deux saisons pluvieuses (MONNEVEUX, 1989).

DULCIER (1978), définit les techniques des préparés du printemps comme un labour de fin mars plus des façons superficielles.

Parfois, pour remédier aux inconvénients de la jachère enherbée, les agriculteurs exécutent un préparé de printemps qui consiste à labourer la terre avant l'avènement des premières chaleurs épuisatrices des réserves hydriques par le biais de l'évapotranspiration (BENSID et LAHMAR, 1990) ; mais à partir du printemps et jusqu'au semis (novembre) les terres sont maintenues propres et meubles (LAHMAR, 1989).

2.3- La jachère travaillée intégrale (Dry-Farming et aridoculture)

La jachère travaillée intégrale peut être définie comme : « la production de céréales rémunératrices sans irrigation, dans des régions recevant annuellement plus de 250 mm et moins de 500 mm de pluies (régions arides et semi-arides) par le moyen des méthodes spéciales ayant pour but :

- D'emmagasiner, dans le sol, les pluies tombées pendant l'année de jachère par des labours convenables pour en faire profiter la culture suivante. (BENSID et LAHMAR, 1990).
- De conserver cette humidité dans le sol jusqu'à ce quelle soit utilisée par les plantes grâce à des travaux bien compris de la surface du sol (pseudo – labour) (WIDTSOE, 1912 ; SMIKA et WICKS, 1968 in ABDESSAMED, 1990).

L'aridoculture peut être définie comme une technique culturale basée sur la rotation céréale – jachère en condition d'aridité climatique.

L'intérêt supposé de cette technique est d'emmagasiner l'eau pluviale pendant la saison de la jachère. En automne prochain, la céréale cultivée devrait exploiter l'eau se trouvant dans le sol. La jachère travaillée présente l'inconvénient d'exposer le sol pendant toute l'année à l'action pluviale et éolienne.

Cette technique, si elle est bien conduite, peut permettre une accumulation d'eau et favorise de meilleurs rendements au plan agricole, mais on doit signaler qu'elle favorise fortement l'érosion du sol, donc il faut prendre les préconisations des services agricoles, qui sont :

*** Labour en courbe de niveau :**

Cette technique des labours en courbe de niveau va permettre une canalisation des eaux des pluies et leur infiltration plutôt que leur ruissellement ; C'est une technique conservatrice qui est surtout utilisable dans les régions ou les zones à topographie plus ou moins accidentées.

*** Culture en bandes alternées (banding) :**

La culture en bandes s'oppose à la monoculture et présente l'avantage de mettre sur un même sol, différentes cultures qui nécessitent des différentes techniques et dont certaines prairies permanentes.

*** Pratique de mulching :**

Le mulching est une technique culturale qu'on peut assimiler comme un écran protecteur, mais son intérêt c'est la réduction de l'évaporation et même pour l'érosion.

Généralement, lorsque les précipitations sont de 250mm à 350mm / année, concentrées au cours de la période novembre – avril avec une fréquence assez élevée pendant les mois de décembre – janvier et février, le dry – farming constitue une pratique fondamentale du point de vue économie d'eau qui conditionne les rendements céréaliers (DEMELON, 1966 ; FAO, 1972 ; DULCIRE, 1978).

En Algérie, la technique de la jachère travaillée intégrale est pratiquée à grande échelle dans l'Est et le haut Cheliff.

2.4- La jachère cultivée :

Elle consiste en la production des légumes secs avec grand écartement entre les rangs (BELAID, 1996).

Selon ICRAFKSM (2005), la jachère améliorée est une période de mise en repos de terre sans les cultiver avec la même espèce. Les agriculteurs ont planté des légumineuses des arbustes ou des cultures herbacées pour former une couverture sur la terre mise en repos.

Les plantes utilisées pour la jachère, selon le même auteur (ICRAFKSM, 2005), possèdent des caractéristiques précises qui sont :

- Il faut qu'elles poussent vite pour formé le couvert vert et supprimé les mauvaises herbes et surtout pour éviter les risques d'érosions ;
- Elles à des racines profondes pour puiser les nutriments qui se trouvent loin dans le sol ;
- Elles fixent l'azote d'une façon naturelle ;
- Elles ne considèrent pas comme une mauvaise herbe dans les sols cultivés ;
- Elles produisent facilement des semences ayant une longue viabilité ;
- Elle résiste aux parasites et aux maladies ;

- Elles Sauvegardent l'humidité du sol tout en minimisant l'érosion.
- Elles Favorisent la production des légumes secs.

Le tableau suivant résulte les différents types de jachère.

Tableau n° 11 : différents types de jachère (LAUMONT, 1946).

Type			Entretien	Façons
Jachère	Nue	Inculte	Pâturage	Labour unique au moment des semailles
			Récolte de foin ou chaume et pâturage	Idem
			Préparé d'été (après un pâturage ou fauchage)	Labour d'été et façons superficielles
	Nue	Travaillée	Préparé de printemps	Plusieurs labours et façons superficielles avant les semis
			Intégrale	Labour et façons superficielles multiples échelonnées sur 4 à 16 mois
	Cultivée		Production de légumes secs en rangs espacés (8 à 100 cm)	Labour après la récolte.

III- AVANTAGES ET INCONVENANTS DE LA JACHERE

1- LES AVANTAGES DE LA PRATIQUE DE LA JACHERE

Les avantages les plus remarquables dans les sols mis en jachère sont :

1.1- Conservation de l'humidité

Les expériences faites en cases et au champ ont démontré que la perte d'eau par évapotranspiration est le facteur le plus important qui influe sur le rendement (JACQUET, 1993). Dans les terres en jachère, plus que 2/3 de la capacité d'eau disponible est emmagasinée, des travaux effectués par (ANONYME 3, 1939) montrent qu'une quantité de 10 cm stockée dans les sols mis en jachère donneront une production de 1000 kg de blé à l'hectare, un stock de 27 cm, donne un accroissement de 202 à 336 kg/ha jusqu'à une production de 2000 kg/ha.

Ces résultats démontrent que dans les régions de basses précipitations, il ne faut pas ensemen­cer la terre qui était en culture l'année précédente à moins que la profondeur du sol humide, au moment du semé, ne soit d'au moins 46 cm dans les sols argileux, 61 cm dans les sols limoneux et 76 cm dans les sols sableux (HEUZE, 1962).

Selon le même auteur (HEUZE, 1962); quand on tient une terre en jachère pour la préparer au semé, il s'écoule 21 mois entre la date de la moisson d'une récolte et celle du semis suivant où on remarque que pendant les neuf premiers mois de la période de jachère environ 33 % des précipitations totales sont emmagasinées, en revanche, les 12 mois qui suivent la terre ne retient que 14 % des précipitations, ce qui donne un total de 10,2 cm durant les 21 mois de jachère. Pour conserver cette quantité d'humidité, il faut commencer le travail de la jachère dès que les mauvaises herbes sortent au printemps (PAPY et BOIFFIN. 1989).

En conclusion les terres mises en jachère conservent beaucoup plus l'humidité qu'un sol cultivé chaque année avec une augmentation importante de la capacité de rétention du sol.

1.2- Amélioration de la fertilité du sol

CALLA et ARMY (1961), dans ses études montrent qu'une quantité approximative de 840 kg de débris végétaux par hectare suffit pour empêcher l'érosion éolienne du sol à texture moyenne et modérée. Selon le même auteur l'emploi parfait de machines agricoles dans une suite de façons culturales permet de régler la couche superficielle du chaume sur une base quantitative de façon à assurer de bonne pratique culturale dans différentes régions.

Ces chaumes qui possèdent le temps essentiel pour leurs dégradations et leur recyclage dans le sol et donnent donc au sol une très bonne teneur en éléments nutritifs essentiels pour le développement de la prochaine culture.

1.3- La jachère en stratégie de lutte aux mauvaises herbes

La jachère peut servir à limiter les réserves de graines des mauvaises herbes annuelles et s'attaquer aux problèmes persistants de mauvaises herbes pérennes. Le travail du sol et la jachère doivent être utilisés avec précaution, car ils peuvent entraîner de graves dégradations du sol et de l'environnement (FRICK et JOHNSON, 1989)

La jachère a aussi généralement un effet sur le parasitisme tellurique : si la destruction des plantes hôtes est assurée, alors l'inoculum contenu dans le sol est réduit (YANKOVITCH, 1956)

2- LES INCONVENIENTS DE LA PRATIQUE DE LA JACHERE

L'érosion hydrique et éolienne est les premières contraintes de la jachère :

2.1- L'érosion hydrique

Selon KLAIJI (1994) l'érosion hydrique provoquée par des chutes de pluie très intenses a lieu sur des terrains en pente non protégés- en jachère- où les dégâts provoqués par l'érosion sont :

- La destruction ou désintégration d'agrégats assez importante qui reforme de plus petites particules, souvent accompagnée de la décomposition des particules suivant leurs tailles.
- Les petites particules peuvent être arrachées ou déplacées par l'eau qui coule ou ruisselle sur la surface et donc une dégradation de la structure.
- Diminution de la fertilité du sol à cause du déplacement de la couche superficielle qui contient les éléments nutritifs, la matière organique, et des microorganismes du sol.
- Des dépôts de sédiments dans les vallées et forment une couche de terre imperméable.

2.2- Érosion éolienne

Dans le cas de l'érosion éolienne, le vent est une force qui agit sur la surface du sol mis en jachère. Généralement, l'érosion éolienne se passe dans des conditions de vents qui soufflent sur une surface de sol sèche composée de structure sableuse ou sablo-limoneuse.

Comme c'est le cas pour l'érosion hydrique, la couche la plus riche en éléments nutritifs est érodée, ce qui provoque une diminution de la fertilité du sol (FRYREAR et SKIDMORE, 1985).

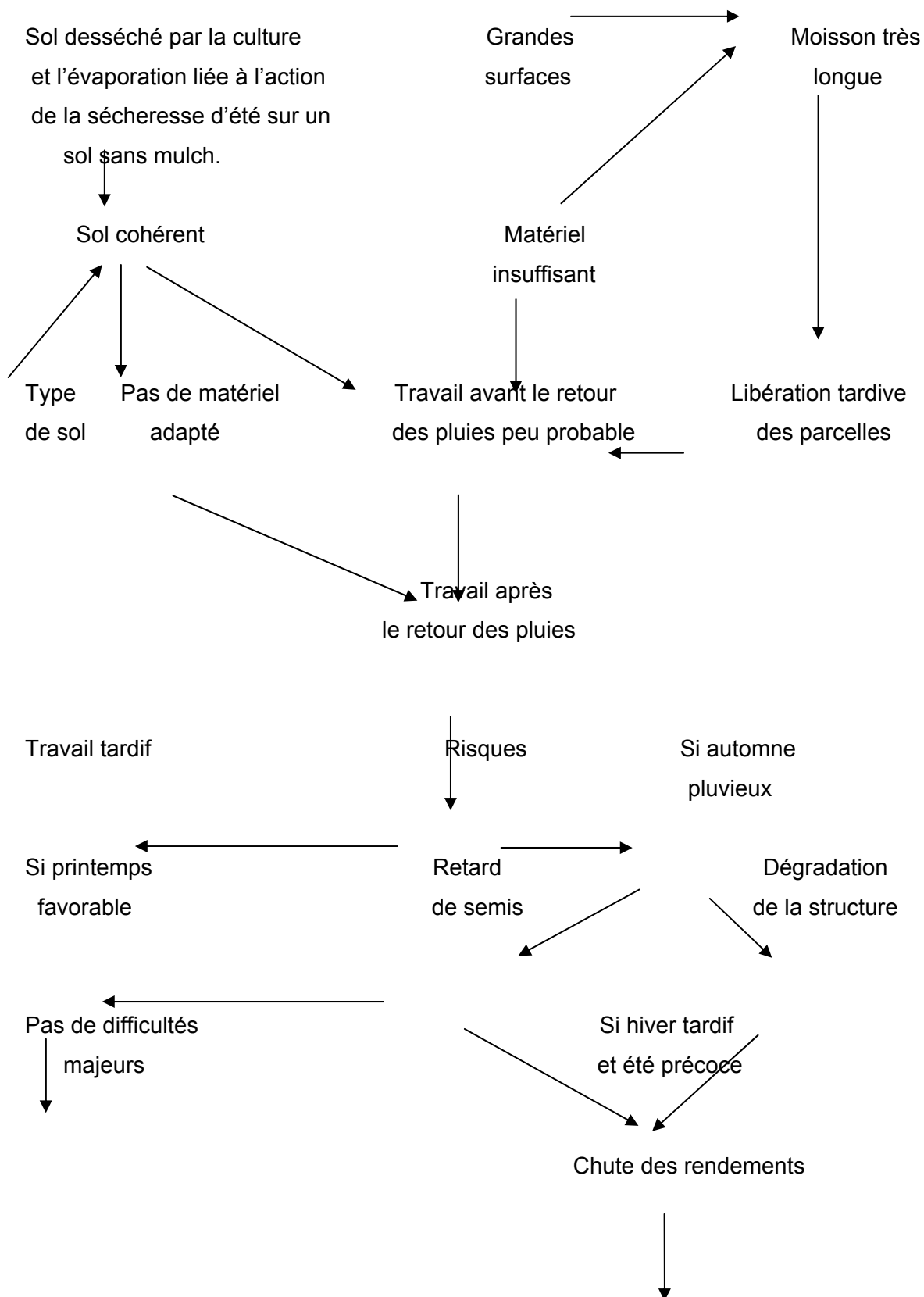


Figure n° 14 : Diminution de la jachère et ses conséquences sur l'unité de production

I- GENERALITES

Travailler un sol implique toutes les opérations culturales qui créent un environnement favorable au développement des végétaux à l'aide d'un outil approprié.

WILLEM HOOGMOED (1992) détermine dans ses travaux que la formation géologique du sol à un effet remarquable sur le travail du sol et non pas le contraire.

Selon DETRAUX (1989), le travail du sol regroupe toute façon culturale qui maintient un état structural de la terre favorable à la croissance de la plante, facilitent la germination et même l'installation et la croissance des racines.

Le même auteur démontre que ce n'est pas la même façon de travail du sol qui est appliquée sur tout type de sol. C'est à dire on ne travaille le sol siliceux de la même façon qu'un sol argileux et on ne prépare les sols après les céréales comme un sol après une légumineuse ou une culture maraîchère.

Le travail du sol a une influence considérable sur l'importance de la récolte. Il a pour but de mettre à la disposition du végétal un milieu aussi parfait que possible au triple point de vue ; physique, chimique et biologique (ROGER GONDE et MICHEL JUSSIAUX, 1957).

Selon MICHEL VILAIN (1989), le travail du sol a été longtemps pratiqué de manière très simple si on le compare par les méthodes utilisées aujourd'hui ; différents types d'outils de plus en plus complexes sont utilisés pour le travail du sol moderne comme les outils animés et les outils combinés

Deux facteurs essentiels jouent le rôle le plus important dans la modification et l'évolution de la manière de travailler le sol ; ces deux facteurs sont :

- l'obligation d'accroître la productivité du travail du sol et donc l'augmentation de la production végétale et son intensification par suite la réduction de la main d'œuvre salariale.
- La disponibilité des moyens de travail du sol a partir du labour jusqu'aux matériels de récolte durant les 50 dernières années.

D'après MICHEL JUSSIAUX (1957), le travail du sol est la préparation physique du sol avant n'importe quelle culture rationnelle. Elle présente une combinaison de façons profondes et superficielles où on distingue : le labour, l'hersage, le scarifiage, le binage et le roulage.

II- LE LABOUR

1- DEFINITION

Le labour est une façon de retournement du sol pour enfouir les débris végétaux et les engrais, exposer la partie profonde du sol au soleil et faciliter les échanges gazeux entre sol-atmosphère.

D'après SAHOUAN (1989), le labour est l'opération principale qui précède toutes les autres opérations, depuis le semis jusqu'à la récolte.

Selon MICHEL VILAIN (1989), le labour du sol est le découpage d'une bande de terre de largeur et profondeur variables.

Selon ANONYME2 (2005), le labour est le travail de terre d'un champ cultivé où on utilise généralement des charrues destinées à la retourner et l'ameublir avant de l'ensemencer.

Le choix de labour consiste à un genre précis de culture et peut être appliqué sur quatre intervalles de profondeur (**tableau n° 12**).

Tableau n° 12 : La profondeur essentielle pour chaque type de labour
(DETRAUX, 1979).

Type de labour	Profondeur	Type de végétation
Labour de défoncement	Plus de 35 cm	Culture de vignoble
Le labour profond	De 25 à 35 cm	Pomme de terre, betteraves
Le labour moyen	De 12 à 25 cm	
Le labour léger	De 8 à 12 cm	Favorise la germination

2- PRINCIPE DU LABOUR

Selon OESTGES (1994) ; CEDRA (1991, 1993) ; MONNIER (1991), le labour consiste à découper une bande de terre de section rectangulaire et à la retourner de manière à ramener la partie inférieure à la surface. Lorsque la bande de terre est découpée, elle pivote d'abord sur son arête (a), constituée d'une portion de terre non découpée. Elle pivote ensuite sur son arête (b) et vient s'appuyer contre la bande retournée au passage précédent de la charrue (**figure n° 15**).

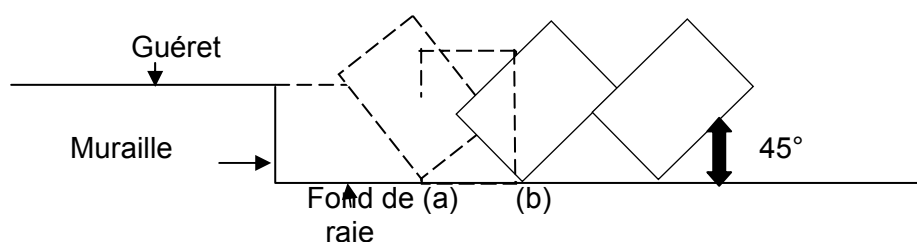


Figure n° 15 : Représentation schématique du travail d'un corps de labour
(AFFEISSA, 2000).

III- LES OBJECTIFS DU LABOUR

Le labour joue un rôle important soit au niveau du sol soit au niveau de la production végétale. D'après MICHEIL C KLAIJI (1994), le travail du sol assure des quantités suffisantes de nourriture et de fibre aux diverses populations végétales ou microbiennes dans le sol. Si on analyse cette dernière phrase ; on trouve deux milieux essentiels où on peut citer les objectifs du travail du sol :

1- LES OBJECTIFS LIES AUX SOLS :

- La création d'un réseau de pores tout au long de profil cultural capable d'assurer les échanges d'eaux et d'air entre le sol et l'atmosphère et même le réchauffement du sol.
- Dans les sols lourds et mal structurés ; le labour est considéré comme une méthode d'aménagement de la correction de l'état structural du sol.
- La création d'une surface de contact sol-atmosphère perméable comme l'a signalé ROGERE GONDE (1957) où il dit : les terres meublées facilitent l'infiltration d'eau.

Ces objectifs MICHEL VILAIN (1989) les résume dans la manifestation du rôle le plus important du labour dans la régénération de structure du sol par rapport aux autres facteurs où il détermine que seul le travail du sol permet de modifier la porosité du sol, la perméabilité, ...etc. (**figure n° 16**).

- Le réchauffement du sol ;
- Le nivellement du sol.

2- LES OBJECTIFS LIES AU VEGETAL :

- Préparation un milieu favorable au développement de la plante et facilite leur germination.
- Création d'un véritable support pour l'installation des racines et une croissance idéales des plantes.
- Assurance d'un milieu riche en éléments nutritifs et une réserve d'eau essentielle pour le développement végétal.
- Selon MICHEL VILAIN (1989), le labour joue un rôle important dans l'enfouissement des résidus culturaux et l'incorporation des amendements et des engrais.
- Selon le même auteur la destruction des plantes adventices est liée au travail du sol.
- L'incorporation des amendements et des fertilisants (**figure n° 16**).

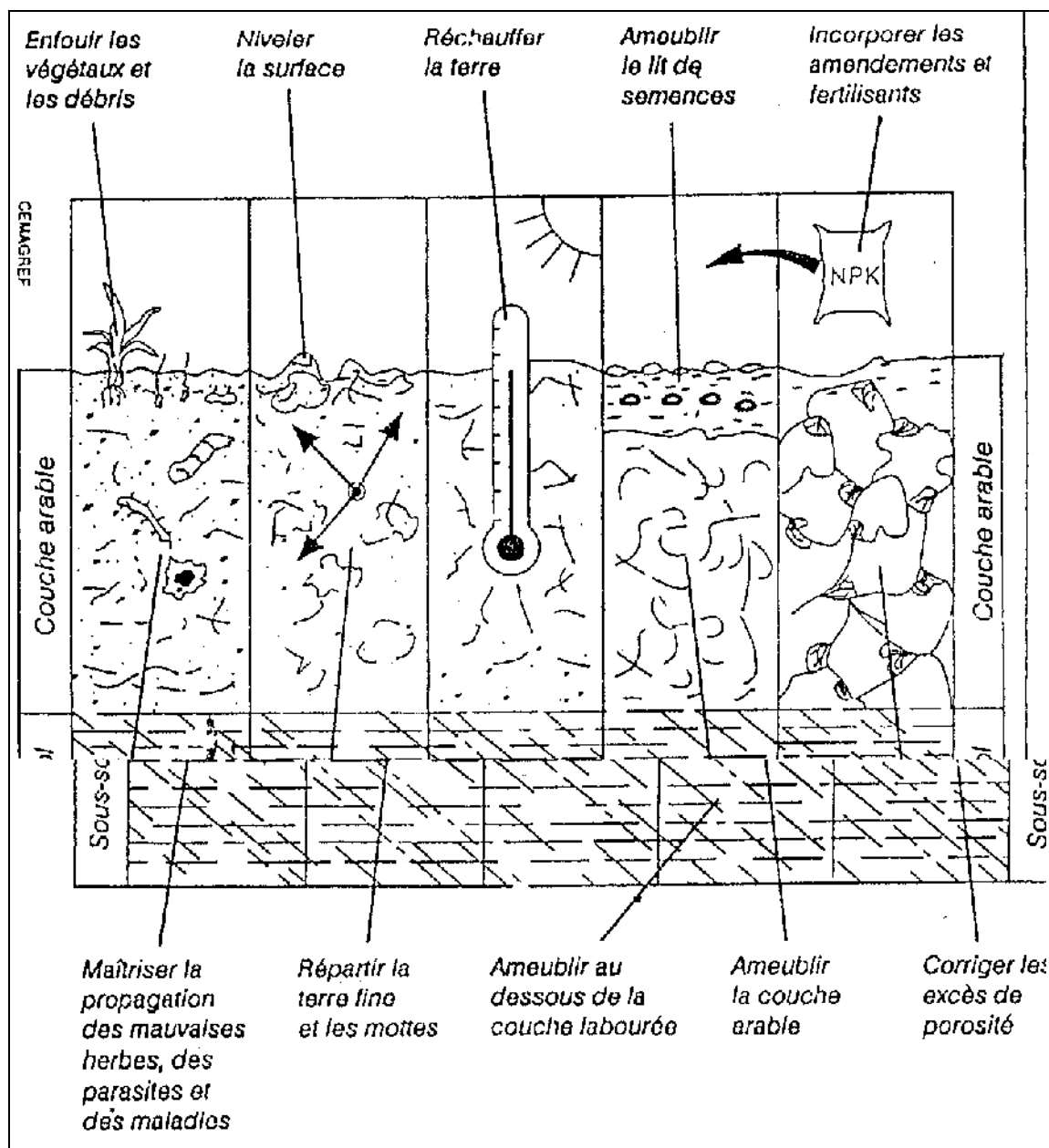


Figure n° 16 : Les objectifs du travail du sol.

IV- OUTILS DU LABOUR

1- INTRODUCTION

Les pratiques culturales dans le monde des grandes cultures ont évoluées constamment en revanche plusieurs outils de labour ont été modifié selon le type de sol, les conditions de semé ...etc.

Selon ERIC. THIBAULT (2000), le choix de l'outil idéal pour labourer le sol n'est pas toujours évident par ce que normalement il faut prendre plusieurs critères en considération avant de choisir l'outil, qu'on peut les résumer dans les points suivants :

- Présence ou absence d'amendements organiques ;
- L'efficacité de drainage souterrain et de surface.
- Présence de couche de sol dense en profondeur (une couche compacte)
- Texture et structure des sols
- Fragilité des sols à l'érosion hydrique et éolienne.
- Pourcentage de la matière organique
- Pourcentage de la fraction grossière (pierres, cailloux, roches) dans le sol.
- La culture précédente.
- Equipement de travail du sol déjà disponible sur la ferme.
- Puissance des tracteurs en place.
- Superficie des champs en culture.
- Superficie totale cultivée
- Coût de l'équipement.

2- CHARRUE A DISQUES

2.1- Définition et principe de fonctionnement :

La charrue à disques selon DETRAUX et OESTGES (1979) est un instrument de labour qui a pour fonction de couper la terre sur une largeur de 30cm et une profondeur de 20 à 30 cm pour enfouir les débris végétaux (**figure n° 17**).

Le fonctionnement de la charrue est lié directement au disque qui est caractérisé par :

- Un diamètre de 650 à 800 mm
- Un rayon de courbure
- L'épaisseur
- Concavité de la flèche qui est la distance entre le sommet du disque et le plan de bordure
- Le biseau représenté par sa largeur et sa position extérieur ou intérieur.

Le principe de fonctionnement selon MICHEL VILAIN (1989), est lié à la vitesse d'avancement de la charrue et le frottement des disques sur la terre où ces disques tournent et découpent des tranches de terre de forme semi-elliptique; le sol devient émietté et redéposé sous forme des mottes.

D'après NAKIB (1986), le profil obtenu avec une charrue à disques est d'une tendance à être le plus souvent émietté. La pression exercée sur la bande de terre et la rotation du disque sont les causes de l'émiettement accentué ; la terre étant projetée latéralement. On obtient donc un profil émietté en surface d'une part et en profondeur les mottes sont noyées dans la terre fine.

La charrue à disque produit généralement une quantité de labour moins intense mais aussi mieux adaptée par rapport aux autres outils aux conditions difficiles tel que les sols à fortes racines, les sols riches en pierres et en graviers WILLEM HOOGMOED (1992). Elle est aussi utilisée sur les sols siliceux où l'usure du sol est plus répartie (MICHEL VILAIN, 1989), en revanche l'utilisation des charrues à disques peut causer le tassement des mottes prélevées en saison pluvieuse.

Le fond du labour est ondulé et succède des parties lisses où la circulation d'eau devient très difficile à travers ces parties en absence des pores (MICHEL VILAIN, 1989).

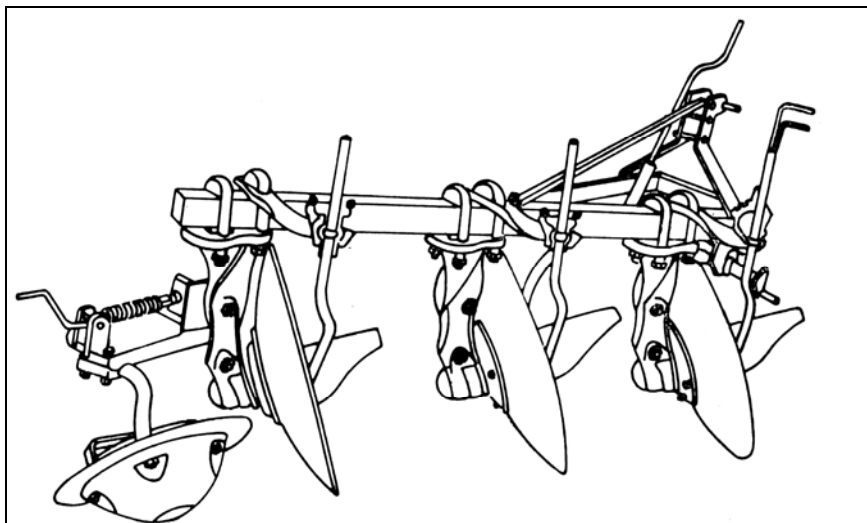


Figure n° 17 : la charrue à disques (DETRAUX ; OESTGES, 1979)

2.2- Le réglage de la charrue :

Selon DETRAUX et OESTGES, (1979), trois points essentiels pour assurer l'équilibre général de la charrue résume dans :

- Le réglage du sens et de la grandeur de l'effort de traction.
- L'équilibre du poids du disque et le poids de la charge qu'il supporte.
- Les forces résistantes essentielles pour faire le labour. Elles sont : a force de frottement, la force de cohésion de la terre et le poids de la terre.

2.3- Domaines d'utilisation la charrue à disques :

Selon BETOUCHE SEBTI (1991), la charrue à disques est utilisée dans les cas :

- des terrains comportant des affleurements rocheux où l'on risque de briser les socs, par contre les disques roulent sur l'obstacle et permettent de passer sans accident ; la charrue à disques est utilisée aussi dans les sols parcourus par les racines des arbres.
- Des terrains particulièrement abrasifs, les disques ont une usure plus également répartie du fait de la rotation des disques qui diminue le frottement.

En revanche DUTHIL (1973), résumant les inconvénients de l'utilisation de la charrue à disques dans les points suivants :

- la tendance à l'entrure est souvent insuffisante et toujours inférieure à celle d'une charrue à socs.
- Le retournement du sol est incomplet ce qui laisse un labour de bien moins bel aspect surtout lorsqu'il doit être accompagné d'un enfouissement.
- La profondeur du labour est relativement limitée.

3- LA CHARRUE A DENTS (CULTIVATEUR)

3.1- Définition et principe de fonctionnement

Selon SOLTNER (1986), la charrue à dents est un instrument utilisé pour les travaux les plus profonds aux plus superficielles.

Les cultivateurs sont aussi utilisés pour la préparation d'un lit de semences et aptes à la traction animale d'après WILLEM HOOGMOED, (1992).

DETRAUX et OESTGES (1979), dans ces études détermine que les dents de la charrue sont généralement moins longues et plus larges pour réduire l'ameublissement du sol en profondeur et l'augmenter en largeur.

Selon SOLTNER (1986), le principe de travail des dents dans le sol dépend de sa forme et sa rigidité.

3.2- Les composants de la charrue à dents

Selon DETRAUX et OESTGES (1979) la charrue à dents est composée en générale de deux principaux organes.

3.2.1- *Les organes travaillantes*

Les organes travaillants sont les pièces rigides ou flexibles appelées (socs) avec différentes formes.

Les socs sont fixés eux mêmes au cadre.

3.2.2- *Le bâti*

Le bâti est un cadre rigide formé de barres qui sont liées aux d'autres barres transversales qui portent les dents. Elles sont montées de manière à pouvoir déplacer à fin de travailler le sol (DETRAUX et OESTGES, 1979)

3.3- Types de cultivateurs

Selon la forme et l'utilisation des dents on peut deviser les cultivateurs en deux types :

3.3.1- *Cultivateurs à dents rigides*

Se sont des instruments qui portent des dents rigides qui travaillent beaucoup plus dans les sols difficiles. Elles sont généralement articulées sur le bâti avec une position verticale par un ressort qui facilite son mouvement surtout dans les sols rocheux (DETRAUX et OESTGES, 1979) (**figure n°18**).

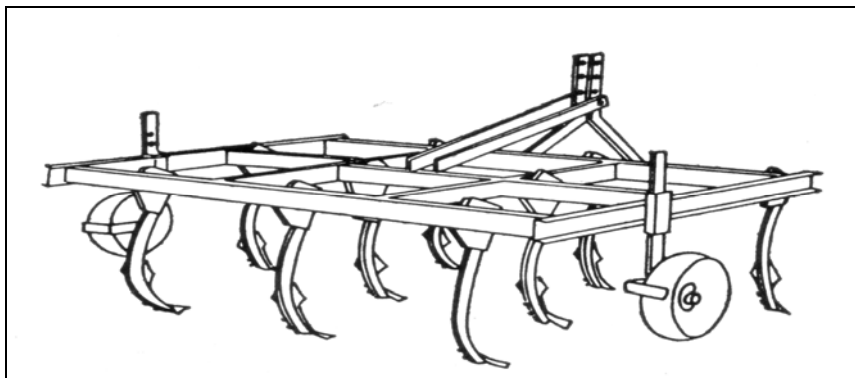


Figure n° 18 : Cultivateurs à dents rigides (DETRAUX ; OESTGES, 1979)

3.3.2- *Cultivateurs à dents flexibles*

Elles travaillent aussi dans les mêmes conditions que les cultivateurs à dents rigides et le sol dans ce cas mieux travaillé grâce aux mouvements vibratoires des dents sur le sol (DETRAUX et OESTGES, 1979) on trouve aussi des dents plates responsables sur l'ameublissement superficielle du sol à différentes formes (**figure n°19**).

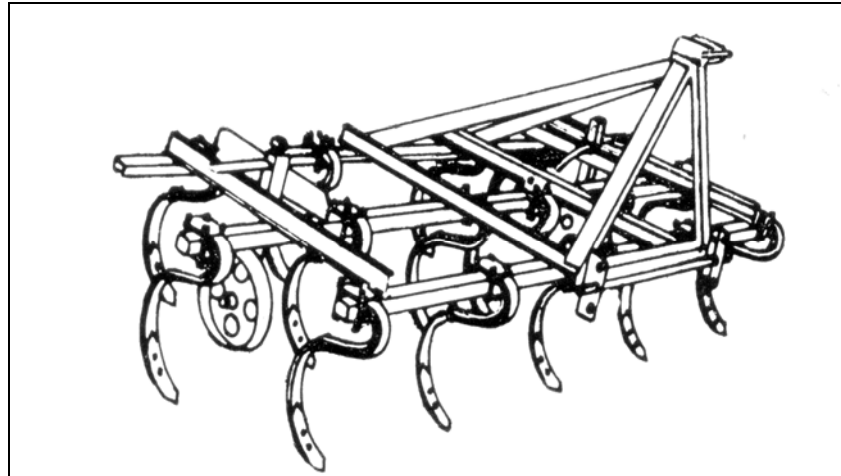


Figure n° 19 : Cultivateurs à dents flexibles (DETRAUX ; OESTGES, 1979)

3.4- Les avantages et les inconvénients de l'utilisation de la charrue à dents

3.4.1- Les avantages

Les cultivateurs sont utilisés dans le but :

- Ameublissement de la surface du sol
- Arrachage des chaumes et destruction des mauvaises herbes.
- Homogénéisation du sol et l'émiettement des mottes
- Faciliter la conservation de l'humidité du sol
- Préparation d'un lit de semence
- Rendement horaire élevé
- Une moindre usure des sols.
- Utilisation possible avec les tracteurs puissants.
- L'enfouissement éventuel des engrais

3.4.2- Les inconvénients

- Destruction insuffisante des mauvaises herbes
- Enfouissement très superficiel des résidus de récolte d'où risque de propagation des maladies.
- Les sols sont soufflés.

- Utilisation plus difficile en conditions humides.

V- CLASSIFICATION DES LABOURS

1- CLASSIFICATION SELON LA PROFONDEUR

1.1- Le labour de défoncement

Selon DETRAUX et OESTGES (1979) le labour de défoncement a pour but de préparer l'ameublissement du sol sur une grande profondeur et est employé, par exemple, pour la création des vignobles.

1.2- Le labour profond

Le labour profond est exécuté en tête d'assolement (pomme de terre, betteraves,...) et se fait généralement en automne pour que le sol puisse profiter de l'action des agents climatiques d'hiver (DETRAUX et OESTGES, 1979).

1.3- Le labour moyen

Selon ELIARD (1979), le labour moyen est le plus pratiqué surtout pour les céréales et pour les plantes sarclées comme la pomme de terre et le maïs.

1.4- Le labour léger

Selon DETREAUX et OESTGES (1979), le labour léger utilise pour but d'obtenir une couche de terre pulvérulente formant écran contre l'évaporation de l'eau du sous sol, et de favoriser la germination des graines de mauvaises herbes pour pouvoir les détruire par la suite.

2- CLASSIFICATION SELON LA FORME SUPERFICIELLE

(Le mode de renversement de la bonde de terre).

2.1- Le labour a plat

Selon CEDRA (1993), le labour a plat est la façon culturale la plus pratiquée en France. La charrue verse la terre à droite, puis à gauche par rapport à l'avancement, de manière à labourer sans discontinuité, du bord d'un champ à l'autre, en donnant au labour un aspect plat, d'un seul tenant et sans dérayures, sauf en fin de travail, les côtés de retournement peuvent être inversés d'une année à l'autre.

2.2- Le labour en planche

Si la terre ne peut être versée que d'un seul côté par la charrue, il faut tourner autour de la planche, d'où le nom de labour en planche (HUARD, 1984).

2.3- Le labour en billons

Quand la parcelle est de petite dimension, le labour se réduit à deux sillons à bande adossée ; c'est le labour en billon (HUARD, 1984).

3- CLASSIFICATION SUIVANT L'ASPECT SUPERFICIEL DES LABOURS

3.1- Le labour a arêtes vives

Selon ELIARD (1979), le labour a arêtes vives est effectué depuis longtemps est utilisé surtout pour le retournement des prairies à l'automne, dans ce type de labour la bonde de terre est rectangulaire et peu déformée, elle est plus souvent dressée ce qui facilite la pénétration de l'eau et de l'air, et éviter la formation d'une couche contenue de matière organique en fond de raie.

3.2- Le labour anguleux

Ce type de labour d'après ELIARD (1979), est caractérisé par la présence de grosses mottes en virgule et c'est le labour d'automne classique.

3.3- Le labour arrondi

Dans ce cas on remarque une dislocation presque complète des bandes et une structure assez motteuse (HUARD, 1984).

3.4- Le labour jeté

Selon HUARD (1984), le labour jeté est caractérisé par un guéret à surface plane constituée par de terre ou légèrement motteuse.

4- CLASSIFICATION SELON L'EPOQUE DES LABOURS

4.1- Le labour d'automne ou d'hiver

D'après DIEHL (1975) ; SOLTNER (1986) ; ELIARD (1979), ce type de labour ne se justifie que si l'action bénéfique du gel est supérieure à l'action dégradante de la pluie. Dans les régions à hiver très pluvieux et dans les sols à structure fragile (limons battants), il vaut mieux retarder la période des labours.

4.2- Le labour d'Eté

Évolue grâce aux variations d'humidité : l'argile sèche se fendille et elle gonfle en se ré humidifiant (DIEHL, 1975 ; ELIARD, 1979).

5- CLASSIFICATION SELON L'INCLINAISON DES BANDES DE TERRE

5.1- Les labours à 45°

On obtient en inclinant la bande de terre retournée à 45°, cela correspond à une largeur de raie 1,4 fois plus grande que la profondeur (DETREAU et OESTGES, 1979).

Dans la pratique cependant d'autres considérations peuvent déterminer ce rapport entre la profondeur et la largeur de travail de la charrue.

Pour réaliser ce type de labour d'une manière idéale, il faut exposer à l'air une surface de terre maximum.

5.2- Les labours fortement inclinés à 25° :

Ces labours sont recommandés en terrains inclinés si on verse le haut ; dans les quels la largeur travaillée est égale à plus ou moins 3 fois la profondeur (DETREUX et OESTGES, 1979).

5.3- Les labours faiblement inclinés à 50° :

Dans les quels la largeur ne dépasse pas 1.25 fois la profondeur. Cette pratique peut se rencontrer lors des labours profonds laissant une terre creuse (DETREUX et OESTGES, 1979).

VI- EFFETS DU TRAVAIL DU SOL

1- EFFETS SUR LE SOL

Les caractéristiques du sol où on peut remarquer l'effet du travail du sol sur le sol sont les horizons du sol, la texture, la structure et les propriétés chimiques ; selon WILLEM HOOGMOED (1992), la texture du sol et ses propriétés chimiques sont généralement fixées et ne changent pas par le travail du sol. Il signale aussi dans ses travaux, la présence des plusieurs indicateurs de l'influence du travail du sol sur le sol notamment sur la structure.

- **La densité apparente** : le travail du sol provoque un ameublissement et compactage du sol. La valeur de la densité apparente indique l'effet du travail du sol dans les deux cas : sur son évolution. Cette évolution est appliquée aussi pour déterminer l'effet du travail du sol sur la porosité du sol.
- **Les propriétés de rétention** : le sol est un système complexe composé d'agrégats de différentes tailles. L'eau retenue par le sol subit des forces qui dépendent de la taille et la forme des pores. Le travail du sol aura une influence sur les pores les plus larges.
- Le travail du sol assure la continuité du système spatial des pores et donc assuré un bon transport d'air et de gaz.
- La stabilité structurale est un indicateur important pour la résistance du sol aux forces externes, qu'elles soient de cause naturelle (vent, pluies, gel,...etc) ou mécanique (labour, tassement,...). Le travail du sol agit sur la stabilité structurale par fois positivement et d'autres fois négativement.

- Le travail du sol amélioré la capacité d'infiltration (MICHEL C. KLAIJI, 199).

2- EFFET DU TRAVAIL DU SOL SUR LA CULTURE

2.1- Effet sur les racines

JEAN LOUIS CHOPART (1989), dans ses travaux ; montre que le travail du sol facilite la croissance des racines par la diminution de la résistance du sol à la pénétration des racines à travers l'amélioration des caractéristiques physiques du sol. Il ajoute aussi que malgré ces résultats l'effet du travail du sol sur le système racinaire reste encore peu connu car c'est difficile à observer sur champ.

Quelques exemples sur l'effet de travail du sol sur le développement racinaire sont résumés dans le tableau suivant (**tableau n° 13**).

Tableau n°13 : Effets du labour à la charrue en traction bovine sur le poids des racines (g/dm⁻³) des principales cultures annuelles du Sénégal (CHOPART et NICOU, 1976).

Culture	Nombre des résultats	Profondeur (cm)	Densité racinaire	
			semis direct	labour
Mil	6	0-10	0,764	0,792
		10-20	0,187	0,277
		20-30	0,065	0,072
Sorgho	8	0-10	1,505	1,652
		10-20	0,337	0,429
		20-30	0,135	0,132
Maïs	10	0-10	0,865	1,176
		10-20	0,377	0,615
		20-30	0,151	0,187
Riz pluvial	16	0-10	0,865	1,257
		10-20	0,228	0,507
		20-30	0,068	0,192
Arachide		0-15	0,287	0,318

2.2-Effets du travail du sol en début et en cours de cycle

Le labour a, en général, un effet bénéfique dès le début du cycle de la culture à partir de la germination CHOPART (1993) dans le tableau suivant résume à peu près l'effet du travail du sol sur la vitesse de croissance du maïs (**tableau n°14**).

Tableau n°14 : Effet du labour à la charrue sur la croissance des parties aériennes du maïs en début de cycle en Côte d'Ivoire. Cycle du maïs: 85 jours (CHOPART, 1993)

Stade de végétation	Nombre de résultats annuels	Témoin	Labour	Différence en %
3-4 Feuilles (13 JAS)	3	14	17	+ 20
Début épiaison (35 JAS)	3	1000	1620	+ 60

2.3- Effets du travail du sol sur le rendement et ses composantes

Il existe de nombreux résultats, dont certains déjà très anciens, permettant d'évaluer l'action globale de travail du sol sur le rendement végétal (CHARREAU et NICOU, 1971; NICOU, 1977; NICOU et al., 1993) (**tableau n°15**).

Tableau n° 15: Effets du labour sur la production utile (grains kg ha⁻¹) des principales cultures annuelles dans les zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest (NICOU et al, 1993)

Culture	Nombre de résultats annuels	Témoin	Labour	Différence en %
Mil	55	1421	1676	+ 18
Sorgho	84	1693	2157	+ 27
Maïs	56	2029	3118	+ 54
Riz pluvial	29	1360	2329	+ 71
Cotonnier	26	1351	1587	+ 17
Arachide	79	1084	1299	+ 20

Ces résultats montrent que le travail du sol joué un rôle très important dans l'augmentation de la production végétale et donne un rendement très efficace par rapport aux sols non travaillés.

I- GENERALITES

1- ORIGINE DU BLE

Le blé d'après ROGER CANDE et MICHEL JUSSIAUX (1957), est la céréale la plus cultivée dans le monde ; les premiers centres de recherches des espèces céréalières d'après BELAID (1996) sont les suivants :

- centre ouest de la chine..... millet,
- Asie du sud –est..... seigle, riz,
- Asie centrale..... blé tendre,
- Moyen-Orient blé dur, seigle, avoine,
- Amérique centrale..... maïs,

Selon le même auteur, le blé est d'origine d'une plante sauvage de genre *Triticum*, génétiquement on peut séparer ce genre en diploïdes, tétraploïdes et hexaploïdes.

Les variétés de diploïdes sont les plus répandues sous le nom de triticum monococcum et le blé dur est le résultat d'un croisement spontané entre le triticum monococcum sauvage et Aegylops speltoïdes.

2- CONDITIONS DE DEVELOPPEMENT DES GRAINES DE BLE

D'après RICHARD et al, (1990), la germination du blé est liée à :

- La profondeur de semis
- La température, l'humidité et le taux d'oxygène dans le sol ; Pour un bon développement du blé, la température est un facteur important. Elle doit être comprise entre – 6 °C et + 20 °C. L'idéal étant un temps chaud avant la croissance et des conditions d'ensoleillement au cours des étapes ultimes. Les précipitations peuvent varier entre 300 millimètres et 1000 millimètres par an, répartis de manière à fournir beaucoup d'eau à la plante durant sa période de croissance et de fines pluies vers la fin de manière à faire gonfler les grains.
- Le contact entre les semences et les éléments structuraux. Le blé est une plante qui se développe bien dans une terre argileuse. La préparation du sol est importante. La terre doit être labourée afin de l'ameublir.

3- LE SEMIS

La première conséquence de semis est de préparer le lit de semence qui représente la phase la plus importante parmi toutes les phases de travail du sol.

L'objectif de cette préparation est d'obtenir un lit de semences peu rocheux sans trop fine pour assurer un bon contact grain-sol (BELAID, 1996)

La date de semis en Algérie selon le même auteur est située entre les deux mois novembre/décembre dans les régions humides et entre mi-novembre début de janvier dans les zones chaudes. On commence le semis par les variétés tardives et on termine par les variétés précoces.

Pour le mode de semis ; on utilise un semoir en ligne pour assurer une rapidité du travail, une économie notable de la quantité des semences utilisées en hectare ainsi qu'une bonne localisation des grains en profondeur dans le sol (3 - 4 cm) (DETRAUX et OESTGES, 1979).

II- LES DIFFERENTS STADES DE DEVELOPPEMENT DU BLE

Le cycle végétatif du blé commence, par la germination jusqu'à la maturation. On peut le subdiviser en deux grands stades :

1- LE STADE VEGETATIF

1.1- La germination

Le germe contenu dans les semences développe une première partie s'enracinant dans le sol pour former les racines et une autre partie pointant vers la surface ; c'est la germination (**figure n° 20-1**). La température minimale de germination des graines se situe entre 3 et 4 °C (SOLTNER, 1986). Contrairement à d'autres plantes, les racines des céréales ne pénètrent pas profondément dans le sol, elles sont disposées horizontalement.

1.2- La levée

Les premières pousses sont visibles après 10 jours à peine, c'est la levée (**figure n° 20 - 2**).

1.3- Le tallage

La plante commence réellement sa croissance durant les mois d'hiver pour donner de petites pousses en fin de saison.

D'après BELAID (1996), la pièce du bourgeon ne commence à s'allonger que lorsque la quatrième feuille apparaît sur l'axe principal (**figure n° 20- 4**).

L'importance du tallage dépendra :

- de la variété,
- de la densité de semis,
- de la densité d'adventices,
- de la nutrition azotée,

2- LE STADE DE REPRODUCTION

2.1- La montaison

C'est une phase pendant laquelle la plante pousse rapidement si le temps et l'humidité le permettent et au cours de laquelle elle met de nouvelles feuilles. Il convient, à ce

stade, de la protéger contre les insectes et les maladies ainsi que de lui apporter une dose d'engrais à base de matières azotées.

Ce stade se termine par la différenciation des stigmates des fleurs et on peut le repérer par le gonflement que provoque l'épi en émergeant de la gaine des dernières feuilles (BELAID, 1996).

2.2- L'épiaison

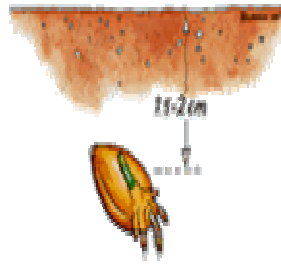
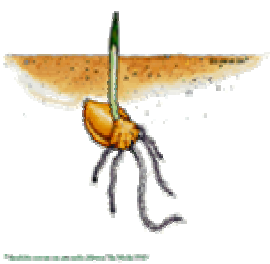
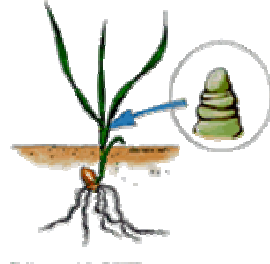
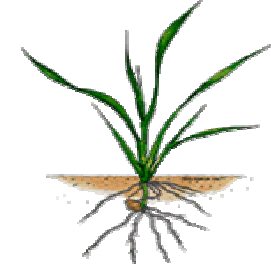
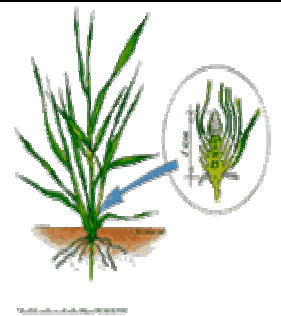
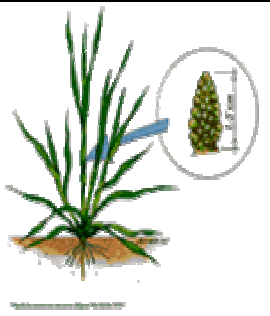
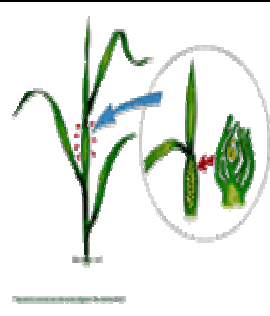
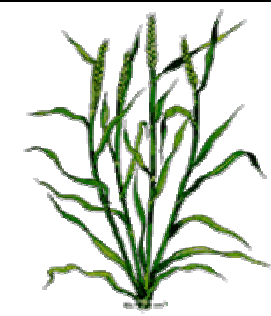
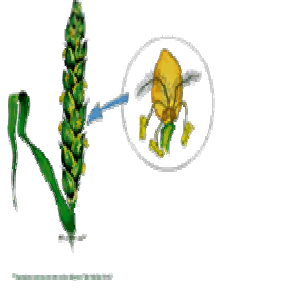
Fin mai l'épi se forme, (**figure n° 20-8**), au cours de cette période la formation des organes floraux se terminent.

La floraison ne débutera que lorsque la température dépassera les 14 °C (**figure n° 20 - 9**), le nombre de fleurs dépendra selon (BELAID, 1996) de :

- La nutrition azotée,
- L'évapotranspiration,

3- LA MATURATION DES GRAINS

C'est la dernière phase dans le cycle végétatif, elle exige la chaleur et un temps sec, elle se fera sitôt en plusieurs étapes, la maturité laiteuse (le grain contient encore 50% d'humidité et le stockage des protéines touche à sa fin), la maturité jaune (le grain a perdu en humidité et l'amidon a été constitué), la maturité complète (la teneur en humidité atteint environ 20 %), le grain est mûr et prêt à être récolté (**figure n° 20-12**), c'est alors la période des moissons.

			
1- La germination	2- La levée	3- Trois feuilles	4- Début tallage
			
5- Épi à 1 cm	6- Un nœud	7- Méiose pollinique	8- L'épaison
			
9- La floraison	10- Bâillement	11- Grain formé	12- Épi à maturité

Source : blé hybride HYN0 (onglet « le blé en générale »)

Figure n° 20 : les différents stades de développement du blé.

III- LE RENDEMENT

Le rendement du blé nécessite une analyse des composants précis (les talles, les épis, les grains et en fin le poids de 1000 grains) où chaque composant possède une durée limite pour sa formation et sa croissance (GARCIA DEL MOREL et RAMOS, 1992).

1- LA DENSITE DES PLANTES /m²

1.1- Le nombre de talle par plante

Le tallage comme il était présenté ; se déclenche quand la plante à quatre feuilles. Il est lié fortement à la température et la concentration des éléments nutritifs essentiels (AUSTIN et JONE, 1975 ; ASPINAL, 1961 ; MYENARD, 1980 ; FREIND 1965, in MEZIANI, 1985).

Le calcul de nombre de talle par plante a pour but de déterminer indirectement le rendement en matière sèche (BOUZIANE, 2001).

Dans une étude expérimentale de ASPINAL (1964) in MEZIANI (1985), Le nombre maximum de talles est enregistré dans la plupart des cas au début de la montaison en revanche pour certains échantillons cultivés en pots, ce nombre peut se prolonger à la fin du tallage ; c'est une phase crise de croissance

1.2- Le nombre d'épis par plante

Le nombre d'épis selon KHERAT (1992), est lié fortement par la photosynthèse à partir de l'initiation florale et il augmente parallèlement avec l'apport d'engrais.

Seulement les talles qui passent du stade végétatif au stade de reproduction donnent des épis. Ces derniers sont élaborés où les besoins nutritifs de la plante sont importants. Si ces derniers ne sont pas couverts, le nombre d'épis sera réduit (BOUZIANE, 2001).

1.3- Le nombre de grains par épi

D'après GARCIA DEL MORAL et RAMOS (1992), le nombre de grains par épi dépend de la disponibilité de l'eau pendant la période végétative et la phase d'élongation de la tige.

Au cours de l'allongement de la tige, les pièces florales se différencient, le nombre d'ovules est fixé pendant un certain temps après le stade de montaison. Ce nombre correspond à déterminer le nombre d'épi et nombre de grains par épi. Dans ce stade, la plante va réduire ses besoins nutritionnels pour assurer le remplissage des grains (FISHER et MAURER, 1978 ; TRIBOT 1986).

1.4- Le poids de 1000 grains

La dernière étape du cycle végétatif du blé concerne l'accumulation de matériels dans les réservoirs constitués par le futur caryopse. Cette étape située entre la phase de floraison et la phase de maturité et est égale à presque 40 jours. (AMEZIANE, 2001).

D'après TRIBOI (1986), le poids d'un grain peut diminuer brutalement si les conditions sont difficiles (stress thermiques ou hydrique, maladies,...).

I- Présentation générale.

1- La région d'étude.

Une parcelle d'un hectare appartenant à la ferme pilote ABEDESSAMED, a servi à la mise en place de nos essais sur champ. Cette parcelle fait partie de la section cultivée ayant une surface de 300 hectares appelée EL-MARTOUM (**Figure n°21**).

Cette parcelle est située dans la commune de Sidi Maanser (Ouyoun El-Assafer) sur la route nationale N° 88 au Nord-ouest de TIMGAD et à Est de la Wilaya de Batna. Cette commune se localise entre les coordonnées LAMBERT :

X : 833.8 °

Y : 253.3°

La commune de Sidi Maanser est limitée par :

- * Au Nord par la commune d'El-Madher.
- * A l'Est par la commune de Timgad.
- * A l'Ouest par les communes de Tazoult et Batna.
- * Au Sud par la commune d'Oued Taga (**Figure n°22**).

1.1- Les reliefs

D'après l'étude qui a été faite dans le cadre du projet de (P.D.A.U, 1997), la commune de Sidi Maanser est constituée en majeure partie de plaines limitées à l'Est par la grande plaine de Timgad avec une bande montagneuse (Dj. Tagratine) et au Nord (Dj. Bouarif).

1.2- Aperçu géologique.

Le territoire de la commune d'étude est composé de dépôts d'origine sédimentaire constitués d'alluvions quaternaires.

1.3- Aperçu hydrogéologique.

Par manque d'étude hydrogéologique, les nappes qui ont été comptées ne le sont que grâce aux forages réalisés, il s'agit de la nappe quaternaire, celle du plio-quaternaires, du miocène, du turonien et celle de l'aptien.

1.4- Aperçu hydrographique.

Sidi Maanser est caractérisée par un réseau hydrogéologique relativement dense qui prend naissance, à partir des monts du Nord et du Nord-Est. Les plus importants de ses oueds sont Oued El-Malah et Oued Meriel avec un écoulement temporaire.

1.5- Les ressources hydriques.

Les eaux de surface ne sont pas très importantes comparativement au réseau hydrographique. Cela est dû essentiellement à l'insuffisance des précipitations (400-500mm/an), et au manque d'ouvrages de mobilisation des eaux.

1.6- Le secteur agro-pastoral.

1.6.1- L'agriculture

L'agriculture dans la commune de Sidi Maanser est basée sur l'association céréale-élevage où la céréaliculture en sec, en alternance avec la jachère est le système le plus répondu.

La commune renferme un bon potentiel en sols favorables aux cultures associées en sec (céréales et fourrages) et des terres aptes à l'irrigation.

Un ensemble des contraintes diminue les activités agro-pastorales, les plus importantes de ces contraintes sont liées principalement :

- Au climat où la pluviométrie au niveau de la commune est faible et irrégulière avec un hiver froid et des gelées fréquentes.
- Aux ressources en eau (une faible réserve hydrique).
- Aux faibles moyens de production (équipements techniques agricoles).
- A la cherté des facteurs de production.

1.6.2- Occupation des terres.

La surface totale de la commune est de 16.006ha, répartie comme suit :

- 37 % de cette surface est la Superficie Agricole Utile (SAU = 5912 ha). La céréaliculture occupe la plus grande partie de la SAU avec 3631ha (61.4%) suivie par la jachère avec une superficie de 1989 ha (33.6 %) en revanche l'arboriculture et les cultures maraîchères n'occupe que 117 ha (2 %) de la SAU totale.
- 22 % de cette surface représentent Les forêts et les maquis couvrant une superficie de 3560 ha.
- 34.4 % de cette surface représentent les pacages et les parcoures, couvrant une superficie de 5534 ha.
- 6.2 % de cette surface représentent les terres improductives couvrant 1000ha. (tableau n°16).

Tableau n° 16 : Occupation des terres agricoles dans la commune de Sidi Maanser

Céréales		Jachères		Fourrages		Cultures maraîchères		Arboriculture		SAU Total	
Ha	%	Ha	%	Ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
3631	61.4	1989	33.6	175	2.9	42	0.7	75	1.2	5912	100

1.6.3- Le rendement

Le rendement des cultures pratiquées au niveau de la commune de Sidi Maanser est faible et irrégulière. A titre d'exemple le rendement des céréales par exemple ne dépasse pas 09qx/ha. Cette faiblesse est due principalement à la faible pluviométrie.

1.6.4- Classification des terres

Six catégories de sol caractérisent le territoire de la Wilaya de Batna, quatre de ces sols identifient les terrains de la commune de Sidi Maanser (III, IV, V, VI) et représentés dans le tableau si dessous.

Tableau n°17: Niveau des catégories de terres (PDAU,1997).

Classe III	Classe IV	Classe V	Classe VI
Terres de qualité moyenne pour l'irrigation - modérément fertiles - contraintes fortes. Les sols sont : - peu profonds à profonds - de texture moyenne à fine. Ils se caractérisent aussi par : - des pentes modérément élevées. - Sols sujets à une érosion. Cette catégorie de terres est favorable également à l'agriculture irriguée ou aux cultures en sec. Mais l'utilisation des ces terres est généralement liée au travail du sol et à des pratiques culturales particulières.	Terres non irrigables - faiblement fertiles - contraintes fortes les sols sont : - peu adaptés aux cultures - peu profonds - de texture moyenne Ils se caractérisent par : - des pentes fortes - une érosion sévère ces terres sont aptes aux cultures en sec localisées et aux pâturages à protéger par les pratiques des conservations du sol.	Terres non aptes aux cultures. -contraintes particulières (piorosité excessive, humidité, risque d'inondation). Les sols sont : - peu profonds. - De texture moyenne. - Peu sujets à l'érosion Ces terres peuvent être destinées aux pâturages seulement à conditions de les préserver par des pratiques de conservation du sol.	Terres de montagne et de collines, à forêts ou à Halfa. A protéger et éventuellement à améliorer. Les sols de cette classe ne sont pas aptes à l'agriculture.

1.7 Aperçu pédologique :

Une étude réalisée par le BNEDER en (1983) in PDAU (1997) a permis de dégager les différents types de sols au niveau de la commune. La grande partie de la superficie est représentée par les sols calcimagnésiques à encroûtement calcaires. La partie nord est occupée par des sols minéraux bruts (les lithosols et les régosols) qui sont des sols de montagnes sur substrats soit rocheux tendre plus ou moins altéré, soit rocheux dur avec des horizons humifères très minces. A l'Est de Sidi Maanser, nous trouvons des sols minéraux bruts d'apports alluviaux.

2- Etude climatique

Vu le manque d'information concernant les données climatiques du site expérimental, nous avons utilisés les données climatiques de la région de Batna (L.N.A.R.H) comme station la plus proche.

2.1- La température :

Les valeurs de la température sont prélevées au niveau de la station météorologique Aïn-Skhona (W. Batna) durant une période de 26 ans (1980-2006). La moyenne de cette période est indiquée dans **le tableau n°18 et la figure n°23**.

L'analyse de la figure montre que la wilaya de Batna présente deux périodes ; l'une froide où la moyenne maximale peut atteindre une valeur de 12.7C° au mois d'Avril

Cette valeur peut diminuer jusqu'à 5.44 C° au mois de Janvier.

La deuxième période chaude et sèche où la température moyenne atteint à 26.14C° au mois de Juillet, ce qui provoque un phénomène de l'évapotranspiration plus importante pendant cette période.

Tableau n°18: Evolution de la température moyenne mensuelle de la région de Batna (2006)

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
T(C°)	5.44	6.79	9.69	12.70	17.9	23.33	26.14	25.9	21.27	16.67	10.6	6.90

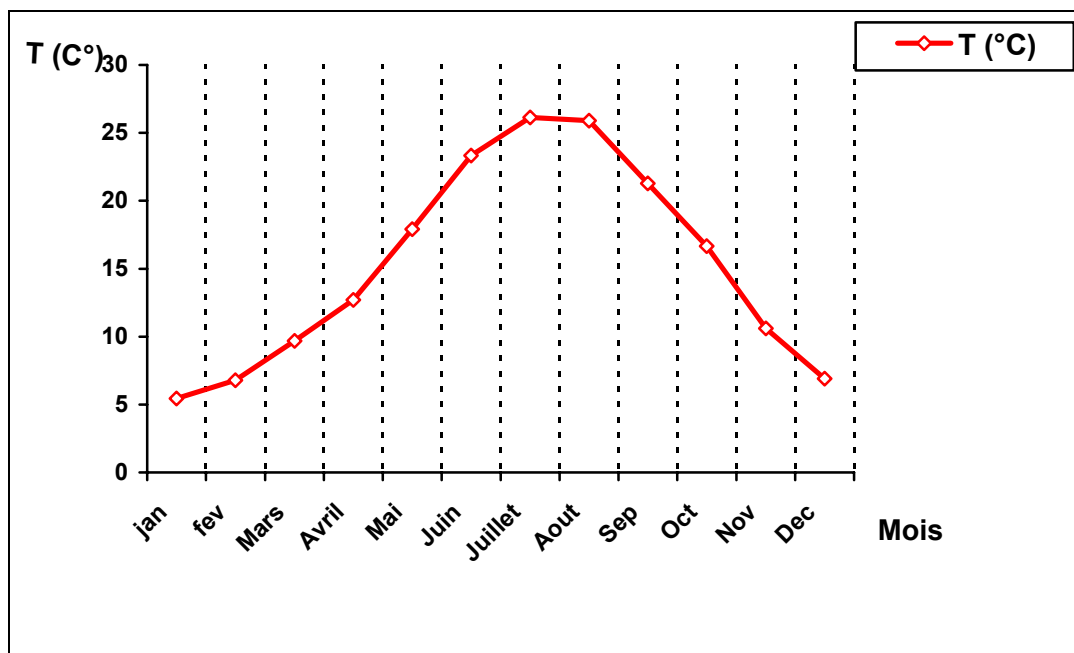


Figure n° 23 : Evolution de la température moyenne mensuelle de la région de Batna (2006)

2.2- L'étage bioclimatique de la zone d'étude.

Pour déterminer l'étage bioclimatique de la wilaya de Batna, on applique la formule d'Emberger modifiée par STEWART (1969).

$$Q = 3.43 \frac{P}{(M - m)}$$

Où :

P : Les précipitations annuelles en mm.

M : La température maximale du mois le plus chaud.

m : La température minimale du mois le plus froid.

Donc :

P = 379.02 mm.

M = 26.07 °C.

m = 5.39 °C.

Après l'application de la formule précédente on obtient :

Q = $3.43 \times 379.02 / (26.07 - 5.39)$

Donc : **Q** = **62**.

Donc, ces valeurs nous permettent de classer la région de **BATNA** dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver tempéré, (Figure n°24).

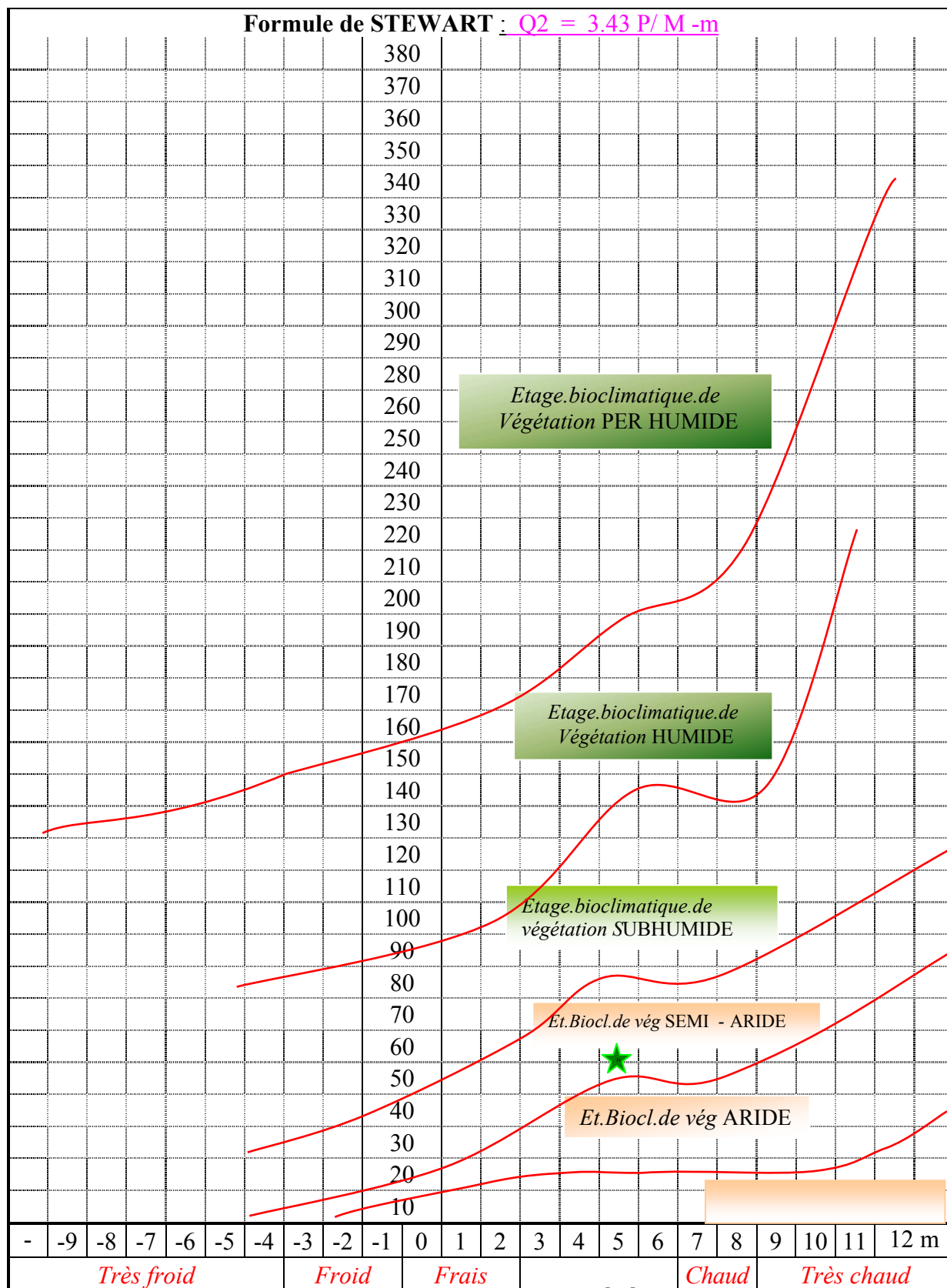


Figure 24 : Le climagramme du quotient pluviométrique Q_2 d'EMBERGER pour le climat méditerranéen durant la période 1977 - 2001.

1.2.3- Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN (1957).

Le diagramme Ombrothermique (**figure n° 25**) permet de mettre en évidence une période sèche et chaude allant du mois de Mai à Septembre, et une saison froide pluvieuse s'étale entre le mois de septembre et le mois Mai. (**Tableau n°19**).

Tableau n° 19: Donnée moyenne mensuelles des températures (C°) et précipitation (mm) pour 27 ans (1980-2006).

	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm)	34.05	27.03	45.10	38.32	36.93	23.23	10.81	12.07	59.75	44.36	33.70	38.39
T (°C)	5.39	6.6	9.53	12.59	17.6	23.18	26.07	25.7	21.63	16.3	10.5	6.67

(Source : station météorologique Batna, 2007).

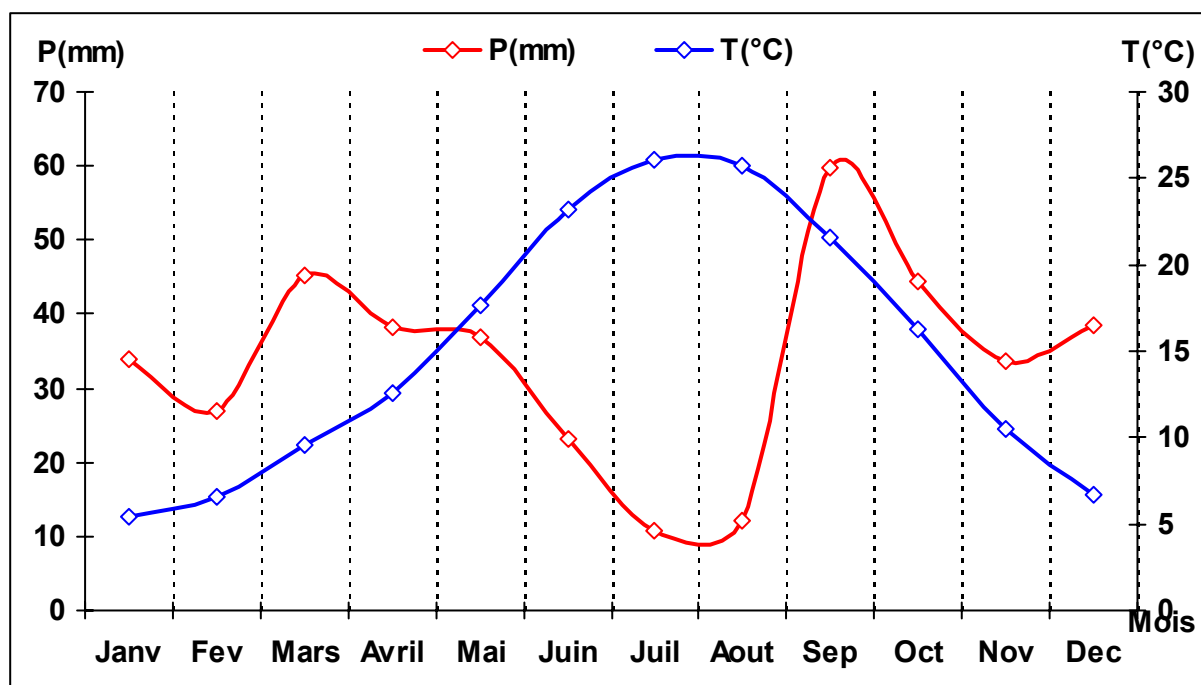


Figure n° 25: Diagramme Ombrothermique de la région de Batna (1980/2006).

Tableau n° 20: Donnée moyenne mensuelles des précipitations (mm) de la région de Timgad et celle de Batna (05/06).

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	T
Batna	24.3	8.7	39.2	31.7	59.1	45.6	15.1	108.2	45.4	6.9	46.1	5.5	428.9
Timgad	6.1	2.1	10.7	37.0	49.1	46.2	0.6	48.6	67.3	33.8	12.6	11.6	11834.4

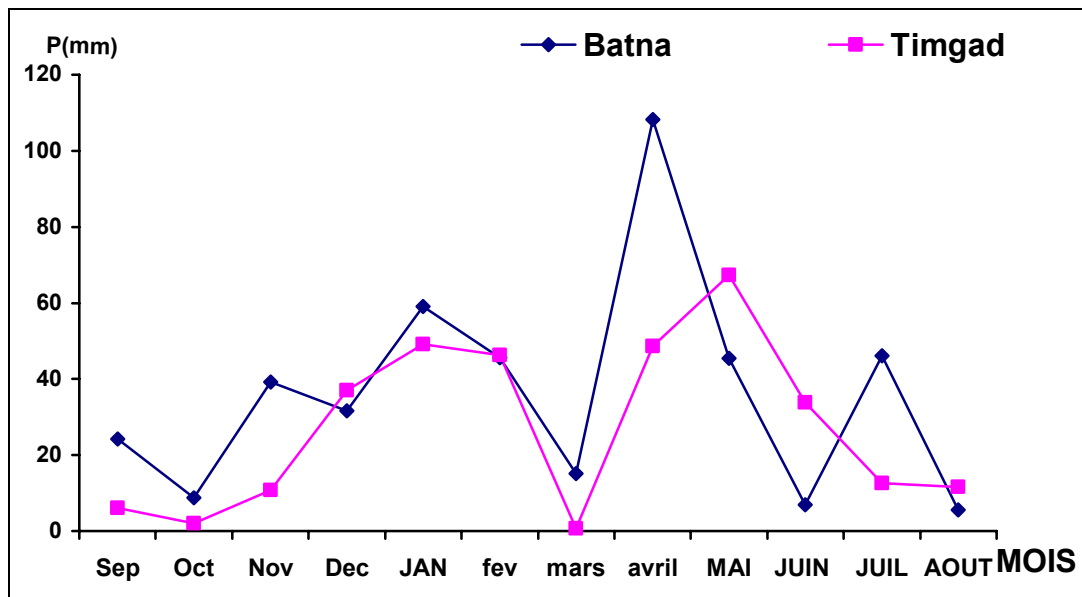


Figure n° 26: Evolution des précipitations (mm) de la région de Timgad et celles de la région de Batna (05/06).

L'analyse de la figure montre que de la pluviométrie est irrégulière au niveau de ces deux stations.

On remarque aussi que la chute de pluie au niveau de la région de Timgad est plus importante avec une moyenne maximale de 491mm au mois de janvier par rapport à la moyenne maximale enregistré au niveau de la wilaya de Batna 108.2 mm au mois d'avril

II- Matériel d'étude

1- Le sol.

Le sol de notre parcelle expérimentale est un sol brun calcaire légèrement caillouteux de texture fine.

Les échantillons du sol de notre parcelle expérimentale ont été prélevés le 29-12-2004 pour déterminer ses caractéristiques de base a savoir : la granulométrie, le calcaire (CaCO_3 total, CaCO_3 actif), la matière organique, la conductivité électrique, l'humidité et le pH du sol.

La méthode des prélèvements des échantillons effectuée sur celle de la diagonale, les prélèvements ont été effectués en différents points de la parcelle expérimentale pour obtenir des échantillons représentatifs du sol, a une profondeur de 0-30 cm correspondant à la zone de labour (la motte) (**figure n° 27**).

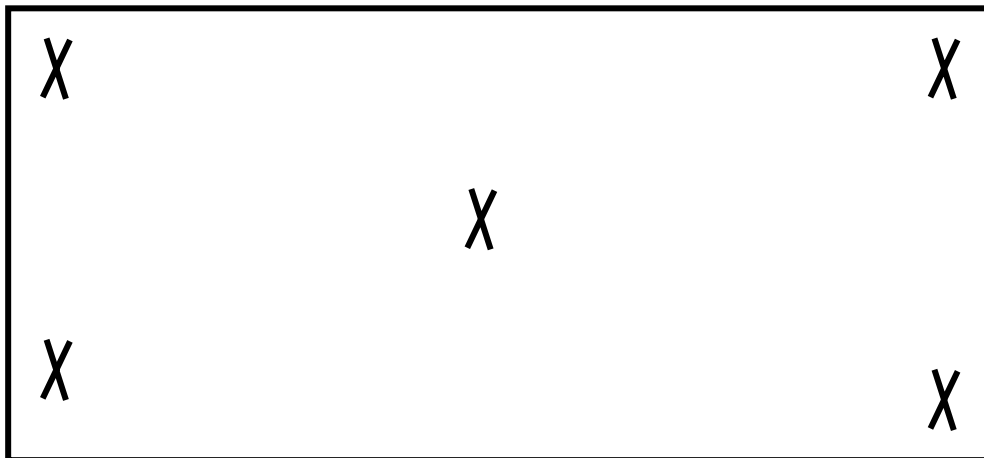


Figure n° 27 : Méthode des prélèvements des échantillons (méthode de diagonale).

Après séchage à l'air libre et tamisage à l'aide d'un tamis de 2mm de diamètre, le sol prélevé a fait l'objet de quelques analyses physiques et chimiques. Les résultats de ces analyses sont résumés dans le **tableau n° 16**

Tableau n°21: Les résultats des analyses du sol expérimental.

		Sol
Granulométrie	A%	26.76
	LF%	15.38
	LG%	9.8
	SF%	38.54
	SG%	9.05
pH		8.39
CE	Mmhos/cm	0.15
H	%	5.37
CaCO₃	Total	23.16
	Actif	4.5
C	%	0.15
MO	%	0.26

L'analyse des résultats de ce tableau montre que le sol étudié possède une texture limono-sablo-argileuse (**Figure n° 28**), un pH basique de 8.39, le taux de calcaire est de

23.87, cette valeur reste plus importante que le taux des sels solubles qui est faible (CE = 0.15 mmhos/cm). Le taux de la matière organique est de 0.26%.

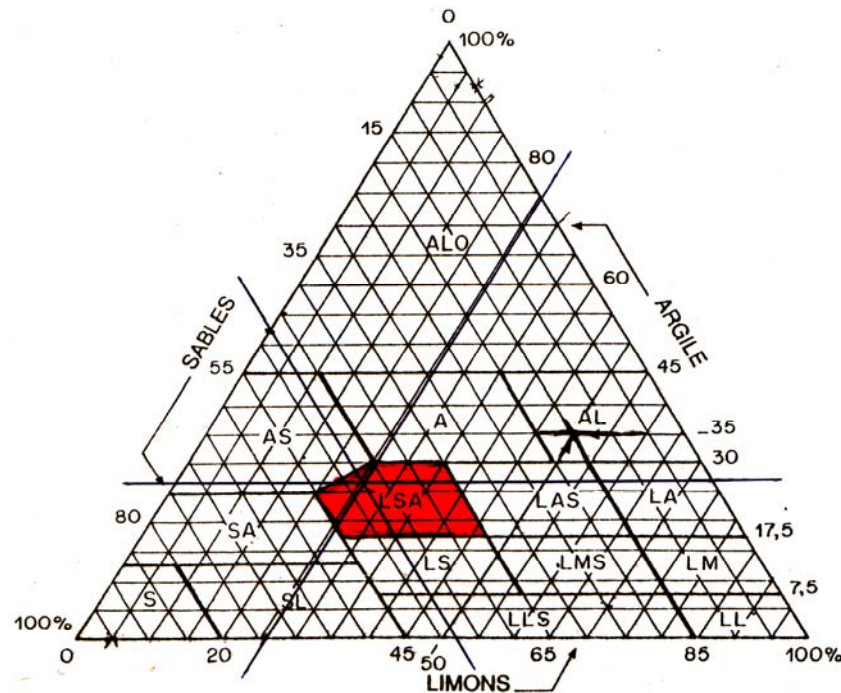


Figure n°28 : La classe texturale du sol d'étude.

2- Les outils de labour :

Les deux outils utilisés durant les essais expérimentaux sont:

- Une charrue à trois disques portée (figure n° 29)

Nombre de disques : 03 disques.
 Diamètre du disque : 65 cm.
 Epaisseur du disque : 6.5 mm.
 Dégagement sous bâti : 68 cm.
 Distance entre disques : 70 cm.
 Puissance du tracteur exigé : 65 CV.
 Angle d'entrure (α) : 30°.
 Angle de coupe (β) : 55°.

- Un cultivateur à 11 dents alourdi (figure n° 29).



La charrue à disques.



Cultivateur à dents

Figure n° 29 : Les deux outils de labour.

3- Le végétal :

L'espèce test choisi pour les essais au champ est le blé dur de la variété Mohamed Ben Bachir (**Figure n° 30**). Cette variété est le résultat d'une sélection a faite au niveau de l'institut Agricole d'Algérie (1931) à partir d'une population locale répondue dans le Nord de Sétif. Elle est caractérisée par :

- Un cycle végétatif tardif.
- Une langue paille, plus de 120cm.
- Un épi compact, velu et roux.
- Une graine de taille moyenne avec une couleur ambrée.

La zone de culture de cette variété correspond aux hautes plaines de l'Est et de l'Ouest (ITGC, 1999).



Figure n°30 : La semence (Blé dur variété MBB).

III- Méthodes d'études :

1- Essai au champ :

1.1- Le dispositif :

Notre expérimentation a duré deux campagnes agricoles (2004/2005 et 2005/2006). L'expérimentation de la première campagne (2004/2005) consiste à préparer les précédents culturaux (chaumes de céréales, jachère travaillée et jachère nue) avec deux outils de labour différents (charrue à disques et cultivateur à 11 dents alourdi). Le dispositif expérimental est présenté de la manière suivante et répété trois fois (**figure n°31**).

Ce dispositif consiste à :

- Labourer une parcelle avec une charrue à disques puis la semer.
- Labourer une parcelle avec un cultivateur à dents puis la semer.
- Labourer une parcelle avec une charrue à disques sans être semée.
- Labourer une parcelle avec un cultivateur à dents sans être semée.
- Deux parcelles (témoins) sans labour (jachère nue).

Ce dispositif est répété trois fois, on se retrouve un nombre de 18 parcelles dont 6 travaillées et semées (culture), 6 travaillées sans semer (jachère travaillée) et 6 non travaillées (jachère nue).

L'objectif de cette expérimentation consiste à analyser les paramètres physiques du sol après le labour et les comparer en fonction de l'utilisation de l'outil choisi (disques ou dents).

Ce dispositif servira de précédents culturaux pour la campagne agricole suivante.

Pour la campagne agricole (2005/2006), le même dispositif expérimental de la campagne précédente a été utilisé. Les parcelles du dispositif de la campagne précédente se sont considérées comme déférents précédents culturels (trois précédents culturels) travaillées avec deux outils différents.

- La première parcelle labourée pendant la campagne précédente avec une charrue à disques puis semée a été récoltée. Elle sera utilisée comme précédent culturel (chaumes de céréales) et sera labourée cette campagne avec le même outil.
- La deuxième parcelle labourée avec un cultivateur à 11 dents pendant la campagne précédente puis semée, a été récoltée. Elle sera utilisée comme la première parcelle. (chaumes de céréales).
- La troisième parcelle labourée avec une charrue à disques pendant la campagne précédente (jachère travaillée). Elle sera reprise par un nouveau labour cette campagne avec le même outil.
- La quatrième parcelle labourée avec un cultivateur à 11 dents pendant la campagne précédente (jachère travaillée). Elle sera reprise par un nouveau labour cette campagne avec le même outil.
- Les deux dernières parcelles non labourées pendant la campagne agricole précédente, seront labourées cette campagne ; l'une avec une charrue à disques, l'autre avec un cultivateur à 11 dents (le précédent culturel est une jachère nue).

Ce dispositif de 6 différentes parcelles qui est le résultat de la combinaison de trois précédents culturels (précité); chaumes de céréales, jachère nue et jachère travaillée, seront labourées avec deux outils différents (charrue à disques et cultivateur à 11 dents).

Notre dispositif élémentaire a une longueur de 30m sur une largeur de 6m avec un espacement de 3m entre les parcelles élémentaire.

Ce dispositif se présente comme suit :

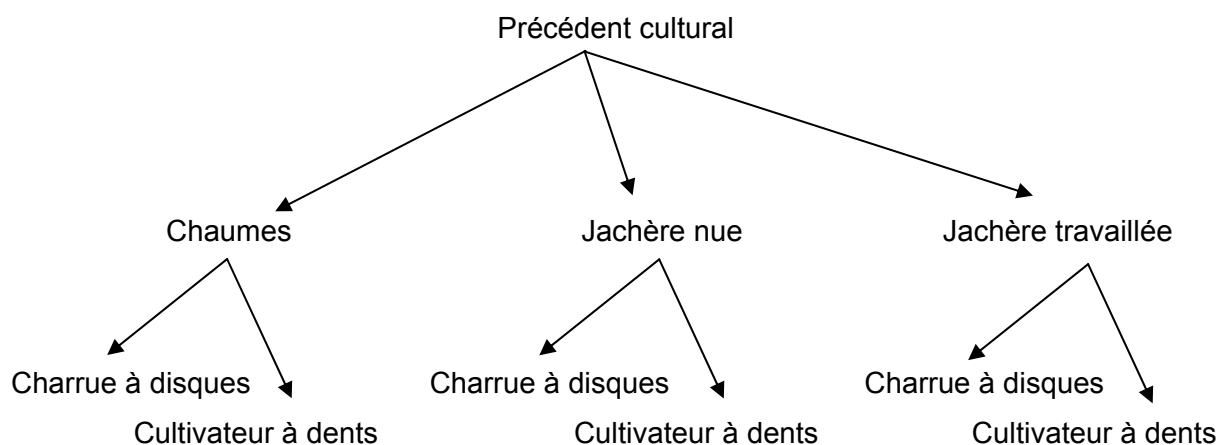


Figure n° 32 : Le dispositif expérimental.

Ce dispositif se répété trois fois (**figure n° 33**).

Après le labour de différents précédents culturels avec les deux différents outils un semi a au lieu le 29 - 01- 2006 avec un semoir en ligne, on utilisant la variété Mohamed Ben Bachir (R2).

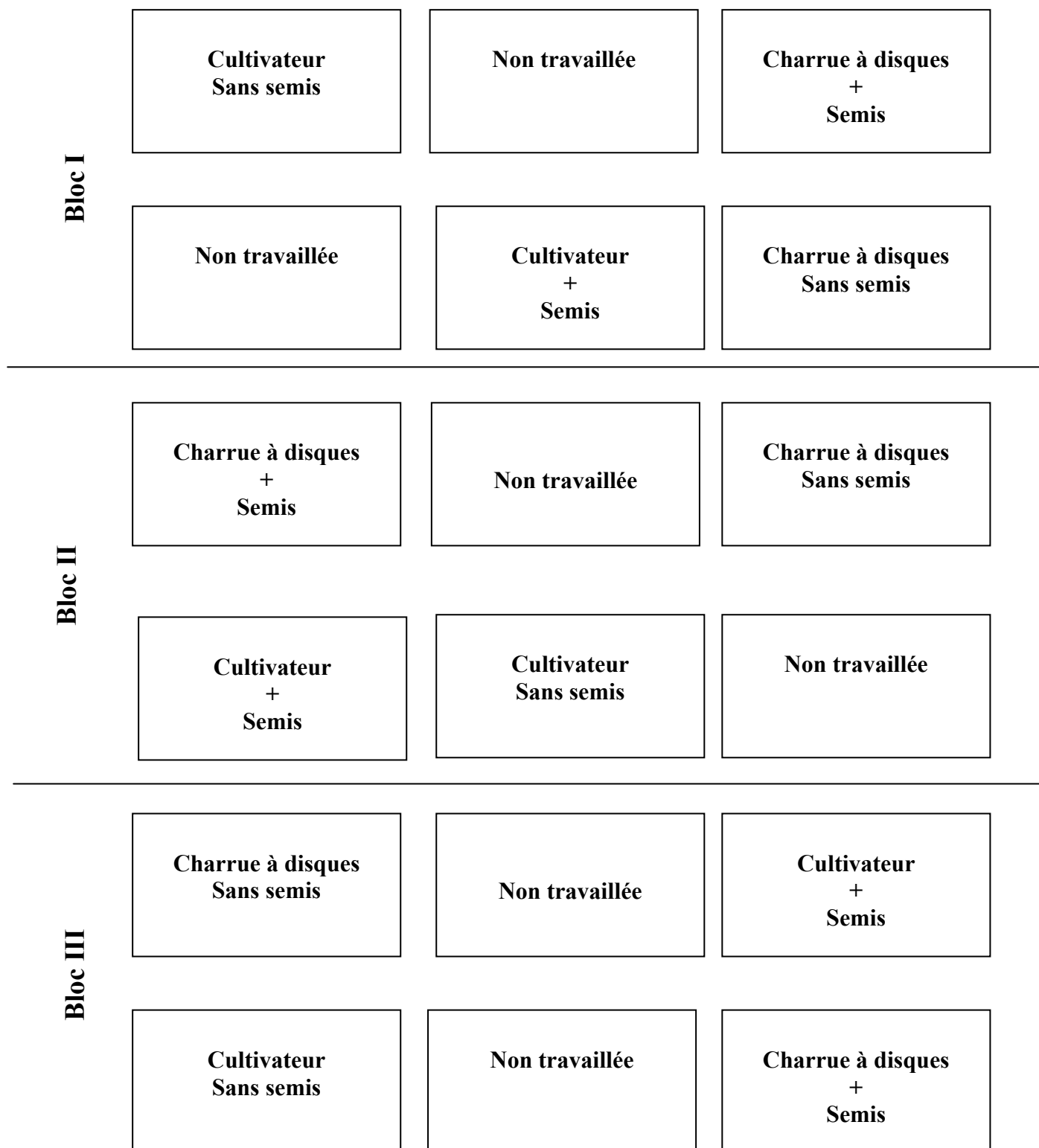


Figure n° 31: La campagne agricole 2004/ 2005

BLOC I

Jachère nue + Charrue à disques	Chaumes + Cultivateur	Jachère travaillée + Charrue à disques
Jachère travaillée + Cultivateur	Jachère nue + Cultivateur	Chaumes + Charrue à disques

BLOC II

Chaumes + Cultivateur	Jachère travaillée + Charrue à disques	Jachère nue + Cultivateur
Jachère nue + Cultivateur	Jachère travaillée + Cultivateur	Chaumes + Charrue à disques

BLOC III

Jachère travaillée + Charrue à disques	Jachère nue + Cultivateur	Chaumes + Charrue à disques
Chaumes + Cultivateur	Jachère travaillée + Cultivateur	Jachère nue + Charrue à disques

Figure n° 33: La campagne agricole 2005/2006

1.2- Les dates de prélèvement.

Les prélèvements des échantillons du sol ayant pour objectif, le suivi de l'évolution de certaines propriétés physiques du sol. Nous avons effectuée trois prélèvements, en retenant un intervalle de 50 jours entre deux prélèvements successifs (**tableau n°22**)

Tableau n°22: Les dates de prélèvement des échantillons du sol.

	Le labour	1^{er} Prélèvement (T1)	2^{eme} Prélèvement (T2)	3^{eme} prélèvement (T3)
2004/2005	29-01-2005			
2005/2006	- avec une charrue à disques 16-11-2005 - avec une charrue à dents 19-11-2005	26-11-2005	14-01-2006	04-03-2006

1.3- Le comptage du végétal :

Le comptage du végétal est fait à partir du stade plein tallage jusqu'au stade de récolte (stade épi à maturité).

Les dates de comptage pour les deux ans sont résumées dans **le tableau n°23**

Tableau n° 23: Les dates de comptage du végétal.

Années	Le semé	Stade plein tallage (nombre de talles /plants)	Stade épiaison (nombre de talles épis /plants)	Stade floraison (nombre d'épis/ plants)	Stade épis à maturité (nombre de grain / épis)
2005/ 2006	29-01-06	01 mars 2006	01 avril 2006	13 mai 2006	17 juin2006

2- Les techniques analytiques du sol.

2.1- Les analyses de base.

Les analyses suivantes sont réalisées après séchage et tamisage du sol.

- **La granulométrie** a été déterminée par la méthode de la pipette de **Robinson**

- **Humidité du sol** : l'humidité du sol est déterminée par une différence des pesées avant et après séchage d'un échantillon du sol dans une étuve à 105 °C pendant 24h. Le résultat de l'humidité obtenu est exprimé en pourcentage.

- **Dosage du calcaire total** : nous avons utilisé **le calcimètre de Bernard**, la mesure se fait pour le sol par rapport à un étalon où le CaCO_3 pur anhydre permettant de connaître le pourcentage de calcaire total du sol. (BAIZE, 1988).

- **Dosage du calcaire actif** : cette mesure a été effectuée selon la méthode **Drouineau –Gallet** pour évaluer la masse de calcaire actif dans 100 g de sol.

- **Dosage de carbone organique** : On utilise **la méthode ANNE 1954** ; le résultat obtenu est multiplié par 1.72 pour déterminer le taux de la matière organique.

- **Mesure du pH** : cette mesure est déterminée à l'aide d'un pH-mètre

- **La conductivité électrique** a été déterminée par **une conductivité mètre**

2.2- Mesure de la porosité du sol.

Pour déterminer la porosité totale du sol, les échantillons du sol prélevés ont subi une série d'analyses à savoir :

2.2.1- Mesure de la densité apparente

L'analyse de la densité apparente a été effectuée par la méthode du cylindre (**figure n°34**).

- on pèse et mesure les dimensions des cylindres afin de déterminer ses poids et ses volumes (V en cm^3) (**annexe**).
- Le cylindre métallique de poids et volume connu est enfoncé verticalement et lentement dans le sol.
- Toute autour du cylindre on dégage la terre, on glisse à sa base une raclette pour éviter que la terre s'écoule du cylindre afin d'avoir un résultat plus précis.
- On met chaque échantillon séparément dans un sac en papier avec le numéro de parcelle et le mode de travail motionné dessus.
- On pèse l'échantillon (cylindre + sol) puis on retire l'échantillon du cylindre, le poids du sol est égale le poids de l'échantillon moins le poids du cylindre.
- Une fois l'échantillon extrait du cylindre, il est pesé après séchage à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures (P en g).
- Connaissant le poids de l'échantillon à l'état sec et le volume du cylindre, on calcule la densité apparente (D_a) par la formule :

$$D_a \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) = P/V$$

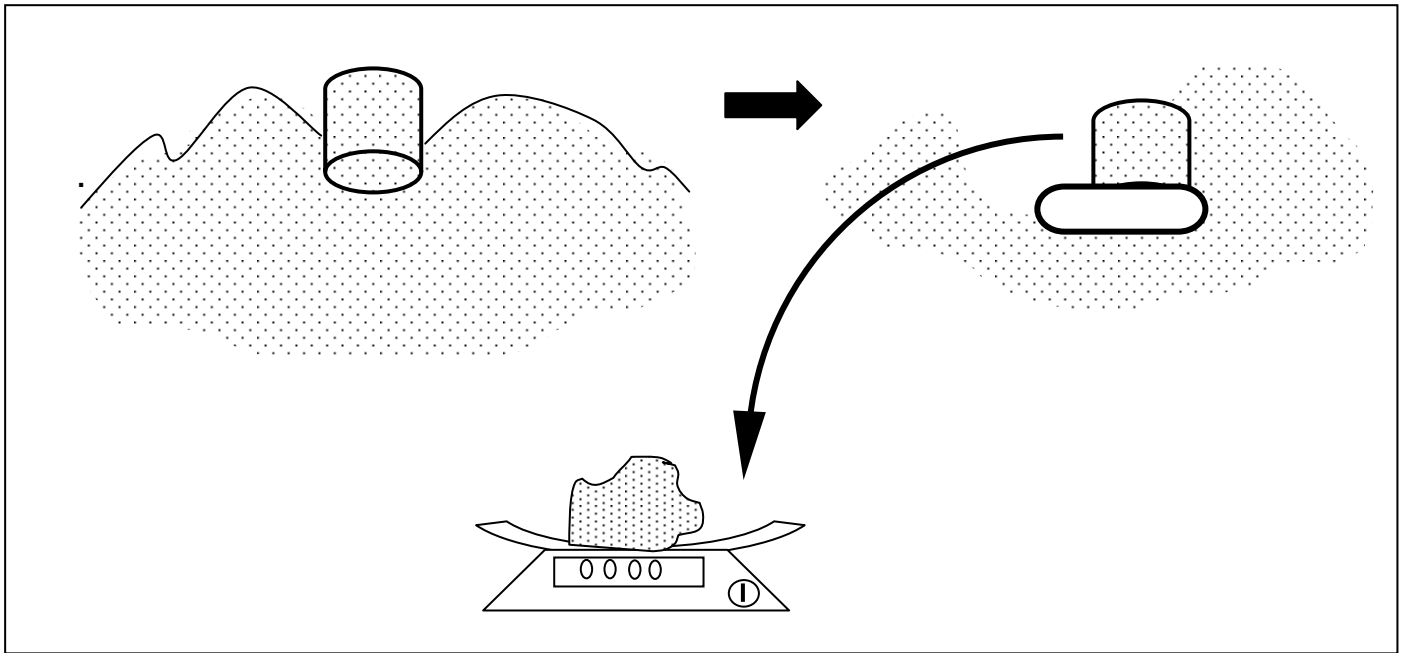


Figure n° 34: Mode de prélèvement des échantillons du sol avec cylindre.

2.2.2- Mesure de la densité réelle.

Selon BLAKE (1965), la densité réelle varie très peu dans un sol par rapport à un autre, elle varie généralement de 2.3 à 2.9 g/cm³ et elle représente pratiquement la densité du quartz.

D'après DENIS BAIZE (1988), la mesure de la densité réelle est basée surtout sur le volume occupé par la matière solide. Pour cela, on utilise un pycnomètre à eau pour la déterminer. C'est une opération longue et nécessite un matériel particulier.

Selon ROBER MOREL (1996), la densité réelle ne change pas qu'après des années. Pour cela, on utilise un seul résultat dans cette étude.

Après les résultats obtenus de la densité apparente, on détermine la porosité totale du sol par la formule :

$$P \% = 1 - \frac{D_a}{D_r}$$

2.3- Technique d'étude le point de flétrissement 4,2.

Cette méthode plus facile et consiste à :

- Dans un récipient contenant du Kaolin saturé en eau et humidifier d'une façon permanente et régulière à l'aide d'un perfuseur, on place des petites mottes de façon que leurs moitiés soient enfoncées dans le Kaolin et on couvre le récipient et on les laisse s'humecter pendant 48 heures.
- Une fois les 48 heures écoulées on constate que les mottes sont saturées en eau (effet d'osmose qui se produit), après on prélève la partie supérieure de la motte (non enfoncée dans le Kaolin) on la pèse dans des capsule de poids connus (P1).
- Les échantillons pesés sont mis à l'étuve à 105 C° pour séchage pendant 24 heures puis pesés de nouveau (P2).
- Le calcul de l'humidité au point de flétrissement détermine par la formule suivante (figure n° 35.1 et 35.2)

$$CR = \frac{(P1 - P2)}{P2}$$
$$pF_{4.2} = CR \cdot 0,54$$

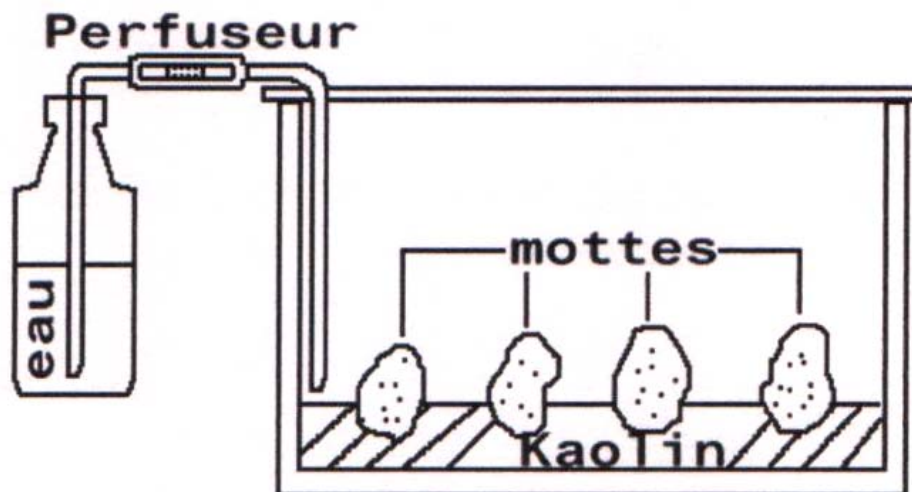


Figure n° 35.1: Schéma de dispositif expérimental de mesure de pF 4,2.



Figure n° 35.2 : Quelques étapes de l'expérience de la détermination des pF en photos

2.4- Les paramètres de calcul le rendement végétal.

2.4.1- L'échantillonnage :

Le comptage consiste à distribuer 4 carrés par parcelle pour faire le comptage sur une surface d'1 m² / parcelle ; en prenant soin d'exclure les rangs de bordures, les passages de roues et le dernier mètre de la parcelle (ITCF. MASSE MARS, 1987). Le carré choisi est de largeur et longueur de 50 cm.

Sur chaque parcelle on va calculer le nombre de talle dans chaque carré.

Le même principe pour calculer le nombre d'épis /plant

La détermination de nombre de grains /plant est faite après la récolte au niveau des carrés.

2.4.2- Poids de 1000 grains (g).

Pour tous les grains calculés on va prendre 1000 grains pour les pesés avec trois répétitions.

2.4.3- Le rendement

Après l'obtention de toutes les composantes principales du rendement nous avons appliqué la formule suivante : (SOLTNER, 1985).

$$\text{Rdtp (Qx/ha)} = \text{Nbr d'épis/m}^2 \times \text{Nbr de grains/ épi} \times \text{poids du grain (g)}$$

I- ETUDE DE LA VARIATION DE LA DENSITE APPARENTE

L'étude plus approfondie de l'influence des trois facteurs étudiés (précédents culturaux, outils de labour et temps), par l'analyse de la variance nous a permis de dégager plusieurs séries de comparaisons de l'interaction de ces trois facteurs entre eux et son effet sur la variation de la densité apparente du sol à savoir:

1- EFFET PRECEDENTS CULTURAUX/OUTILS/TEMPS SUR LA VARIATION DE LA DENSITE APPARENTE.

1.1-Effet chaume de céréales/outils/temps sur la variation de la densité apparente

1.1.1- Effet chaume de céréales /charrue à disques/temps sur la variation de la densité apparente

L'histogramme de la **figure n° 36.1**, explique les moyennes des résultats de la densité apparente obtenus au niveau des parcelles ayant comme précédent cultural la chaume de céréales travaillées avec une charrue à disques. Cet histogramme indique que la densité apparente de ces parcelles augmente progressivement dans le temps de 1.26 g/cm³ durant le premier prélèvement jusqu'à 1.66 g/cm³ pour le troisième prélèvement. Ces résultats sont certainement dus aux variations saisonnières du climat où une forte humidité du sol (changement de pluviométrie ou température) a provoqué une baisse de la porosité totale. Une forte évaporation a engendré un tassement du sol c'est-à-dire le volume solide est important comparativement au volume liquide ce qui explique l'augmentation de la densité apparente.

Le **tableau n° 24.1** confirme à un certain niveau les résultats obtenus. On remarque qu'il y a une différence significative entre les trois dates de prélèvement pour ces parcelles expérimentales ayant comme précédent cultural une chaume de céréales et travaillées avec une charrue à disques.

1.1.2- Effet chaumes de céréales/cultivateur à 11 dents alourdi/temps sur la variation de la densité apparente

Les résultats de la **figure n° 36.2** présentent une évolution de la densité apparente du sol sous forme d'une courbe parabolique où on enregistre une valeur de 1.61 g/cm³ au premier prélèvement (T1) et cela est dû à l'effet du précédent cultural. Ensuite on constate une diminution de 0.05 g/cm³ au deuxième prélèvement qui est due au labour effectué avec un cultivateur à 11 dents alourdi qui a amélioré la structure du sol dans le temps séparant le premier prélèvement du second (T1- T2).

L'outil a régénéré la couche superficielle, ce qui a provoqué une augmentation de l'espace poral par rapport au volume du solide, ce qui explique la diminution de la densité apparente.

L'augmentation de la densité apparente durant le troisième prélèvement (T3) est due à un tassement du sol provoqué par l'explosion des mottes dû au gel et dégel en terre riche en particules fines. Ce phénomène est provoqué par des précipitations avec une faible température.

Les résultats obtenus montrent également une différence significative entre les valeurs obtenues au deuxième et au troisième prélèvement. Cette différence par contre elle est non significative pour les valeurs obtenues entre le premier et le deuxième prélèvement d'un coté, et entre le premier et le troisième prélèvement d'un autre coté (T1-T2) et (T1- T3) (**tableau n° 24.1**).

1.1.3- La comparaison

La **figure n° 36.3**, montre à un certain niveau, la différence entre l'effet de la charrue à disques et de cultivateur à 11 dents alourdi sur la variation de la densité apparente du sol dans le temps sur des parcelles ayant une chaume de céréale comme précédent cultural.

Sur le même précédent cultural, quelque soit l'outil de labour utilisé (charrue à disques ou cultivateur à 11 dents alourdi), on a obtenue la densité apparente la plus élevée durant le troisième prélèvement.

Une faible valeur de la densité apparente est enregistrée durant le premier prélèvement (T1) (1.26 g/cm^3) sur les parcelles travaillées avec une charrue à disques.

La différence entre l'action de la charrue à disques et le cultivateur à 11 dents alourdi sur la variation des particules solides du sol est significative pour le premier et le deuxième prélèvement des échantillons (**mottes**), ceci est dû à l'interaction des facteurs étudiés (chaume de céréales / outils de labour/ temps)

Ces résultats sont confirmés dans le **tableau n° 24.2** qui montre la différence entre l'action de la charrue à disques et celle de cultivateur à 11 dents alourdi sur la variation des particules solides du sol durant une période de 100 jours. Une différence significative est enregistrée entre ces deux outils durant le premier et le deuxième prélèvement (T1- T2), ceci due à l'effet de l'interaction de ces facteurs étudiés (chaume de céréales / outils de labour/ temps). Le sol qui se trouve au dessous de la couche des chaumes a une texture plus ou moins grumeleuse sous l'action de l'activité biologique du sol (effet précédent cultural). Ce sol est riche en particules fines. Ces particules sont facilement tassées sous un climat humide (effet temps). Après le labour avec une charrue à disques, le phénomène de tassement

devient de plus en plus important ; ce qui résulte une augmentation assez importante de la densité apparente du sol. Si le labour est réalisé avec le cultivateur à 11 dents alourdi ; on remarque qu'il y a une amélioration de la structure du sol notamment du volume poral comparativement au volume solide et inversement une diminution de la densité apparente.

En revanche une différence non significative est enregistrée au troisième prélèvement entre l'effet de la charrue à disques et de cultivateur à 11 dents alourdi sur la variation de la densité apparente. Ceci est traduit certainement par l'effet temps (précipitation importante avec une baisse température) qui agit fortement sur ce paramètre (densité apparente) et dans les deux cas de figure (disques ou dents), on observe une augmentation de volume des particules solides du sol.

L'étude des corrélations montre qu'il y a une faible corrélation positive entre les deux outils de labour (charrue à disques et cultivateur à 11 dents alourdi) (**figure n° 36.4**).

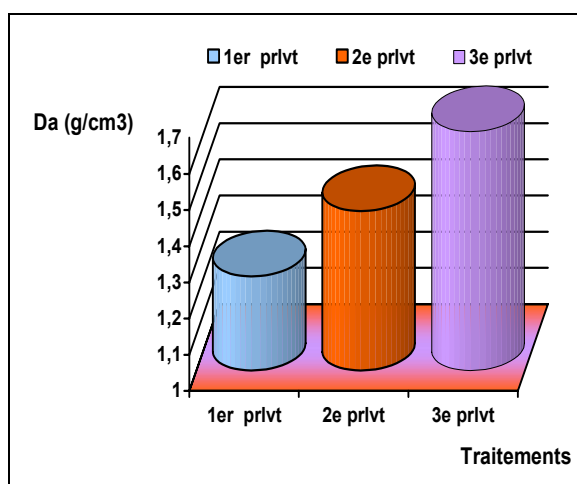


Figure n° 36.1 : Effet chaume/ charrue à disques / sur la variation de la densité apparente.

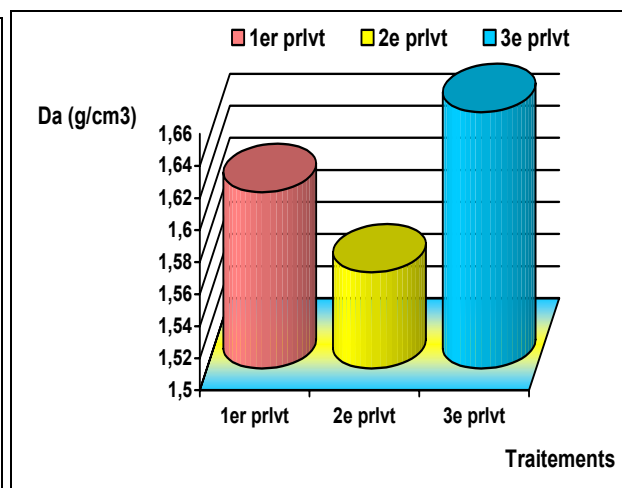


Figure n° 36.2 : Effet chaume / cultivateur à dents/ sur la variation de la densité apparente.

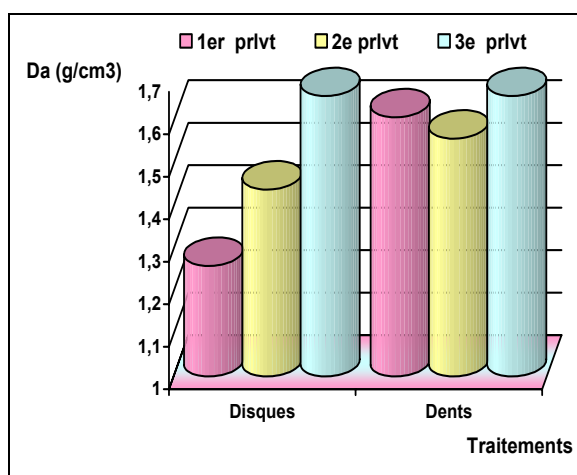


Figure n° 36.3 : Effet chaume de céréales/outils/ sur la variation de la densité apparente.

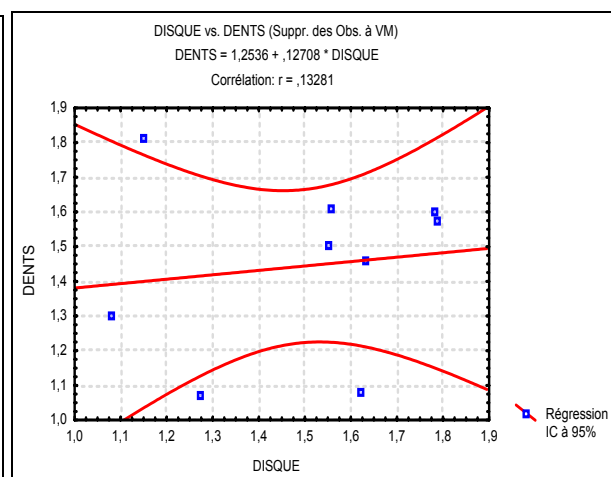


Figure n° 36.4 : corrélation et régression de Da pour charrue à disques / cultivateur à dents

Tableau n° 24.1 : Effet moyen principal d'interaction chaume de céréales/ outils sur la variation de la densité apparente.

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3	ppds
Chaumes	Disques	0.18	0.22	0.4	0.07
	Cultivateur	0.05	0.1	0.05	

t= 34 pour $\alpha=10\%$

Tableau n° 24.2 : La comparaison d'effet moyen principal.

Dates de prélèvements		T1	T2	T3	ppds
Chaumes	Dis/ culti	0.35	0.12	00	0.07

t= 34 pour $\alpha=10\%$

1.2- Effet jachère travaillée /outils/temps sur la variation de la densité apparente

1.2.1- Effet jachère travaillée /charrue à disques/temps sur la variation de la densité apparente.

La **figure n° 36.5** indique que la densité apparente diminue progressivement dans le temps.

Au premier prélèvement, la densité apparente enregistre sa meilleure valeur (1.54 g/cm^3). Ceci est traduit par l'effet de labour sur l'effet du précédent cultural où l'horizon supérieur est exposé au phénomène de dégradation (érosion éolienne ou hydrique) durant l'année de la jachère travaillée (précédent cultural), ce qui résulte une destruction de cet horizon. Le volume solide est plus important que le volume liquide. Le labour avec la charrue à disques en saison humide est effectué non seulement pour la préparation du lit de semence mais aussi pour augmenter l'effet négatif de la jachère travaillée. L'outil à disques va créer une fragmentation des mottes de grandes tailles et les transformer en terre fine, tout en diminuant la porosité totale de l'horizon labouré et en augmentant en même temps la densité apparente du sol.

Au deuxième et troisième prélèvement, une légère diminution de la densité apparente est observée (**figure n° 36.5**) ce qui est traduit par l'effet du végétal qui va créer au cours de sa croissance, une porosité plus ou moins importante et augmenter donc l'infiltration de l'eau de l'horizon travaillé vers les horizons ci-dessous dans le temps. Le volume poral sera important et le volume solide réduit.

Le **tableau n° 24.3** confirme ces résultats où une différence significative est enregistrée entre le premier et le deuxième prélèvement d'un côté et entre le premier et le troisième d'un autre. Aucune différence significative n'est enregistrée entre le deuxième et le troisième prélèvement.

1.2.2- Effet de la jachère travaillée/ cultivateur à 11 dents alourdi / temps sur la variation de la densité apparente

La **figure n° 36.6** indique qu'il y a un effet de l'interaction de ces trois facteurs entre eux sur la variation de la densité apparente. L'histogramme représentant l'effet est de forme parabolique avec une densité apparente élevée durant le premier prélèvement, diminuée au deuxième prélèvement puis augmentée au troisième prélèvement. Le même phénomène s'est reproduit avec le même outil avec la chaume comme précédent cultural.

La première valeur enregistrée au premier prélèvement est d'une moyenne de 1.43 g/cm^3 . Ceci est expliqué par l'effet du précédent cultural où la couche superficielle du sol durant cette période de la jachère travaillée est plus ou moins exposée aux phénomènes de dégradation qui a un effet direct sur la variation de la densité apparente. Le labour avec le cultivateur à 11 dents alourdi crée une porosité assez importante et diminue parallèlement la densité des particules solides comparativement à la moyenne enregistrée après le troisième prélèvement.

Cette valeur diminue légèrement après le deuxième prélèvement c'est toujours l'effet de l'outil. Avec le temps et sous un climat humide (précipitation ou neige) l'horizon labouré est plus ou moins saturé en eau, la teneur en eau est élevée, suivie d'une diminution du phénomène d'infiltration. Ceci donne une densité apparente importante avec une moyenne de 1.55 g/cm^3 enregistrée au troisième prélèvement.

Ces résultats sont confirmés dans le **tableau n° 24.3** où une différence significative est enregistrée entre les valeurs obtenues aux trois dates de prélèvement.

1.2.3- La comparaison

La **figure n° 36.7** développe l'interaction des outils de labour (charrue à disques ou cultivateur à dents) sur la variation de la densité apparente sur le même précédent cultural (jachère travaillée).

Cette figure indique que la densité apparente affiche deux valeurs très proches l'une de l'autre ; ceci est dû à l'effet de ces deux outils. L'effet de la charrue à disques durant le premier prélèvement a donné une valeur de 1.54 g/cm^3 et l'effet du cultivateur a donné une valeur de 1.55 g/cm^3 durant le troisième prélèvement sur des parcelles ayant une jachère travaillée comme précédent cultural.

La plus faible valeur est enregistrée durant le deuxième prélèvement et au niveau des parcelles labourées avec l'outil à dents (1.36 g/cm^3).

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence significative dans le temps qui est due à l'effet des deux outils de labour **tableau n° 24.4**. Le test de corrélation confirme tous ces résultats où les valeurs de la densité apparente obtenues sous l'effet, soit de la charrue à disques, soit du cultivateur à 11 dents alourdi sont corrélées entre elles fortement positives (**figure n° 36.8**).

Ces constatations supposeraient l'interprétation liée fortement au précédent cultural. Les parcelles mises en jachère travaillée durant la campagne agricole (2004/2005) sont des parcelles plus ou moins déstructurées ayant un horizon superficiel érodé sous l'effet d'érosion (éolienne ou hydrique). Le labour avant le semis vient de corriger un certain problème, il

retourne le sol pour homogénéiser l'horizon de surface. Sous l'effet du labour, le sol devient plus ou moins motteux, riche en pores ; ce qui provoque une forte infiltration et évapotranspiration de l'eau. Ces phénomènes diminuent avec le temps, le rapport entre les particules solides et le volume total du sol ; donc une diminution progressive de la densité apparente dans le temps.

Comparativement, le labour avec l'outil à dents garde l'état final de la structure du sol après la jachère travaillée. Il crée des lignes de labour profondes et diminue au fur et à mesure la densité apparente du sol. Avec le temps et sous l'effet du changement du climat (précipitations), l'infiltration de l'eau dans la couche superficielle diminue. Cette infiltration d'eau provoque dans le temps un tassement du sol ; ce qui explique l'augmentation de la densité apparente après 50 jours de labour.

En générale, la charrue à disques a un effet plus important sur l'amélioration de la structure du sol que le cultivateur à dents.

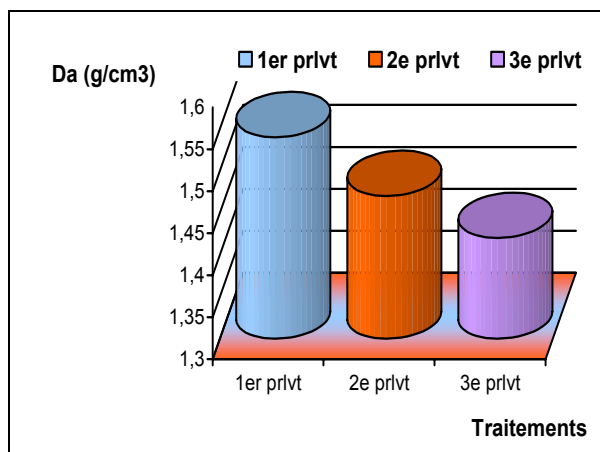


Figure n° 36.5 : Effet jachère travaillée/charrue à disques sur la variation de la densité apparente.

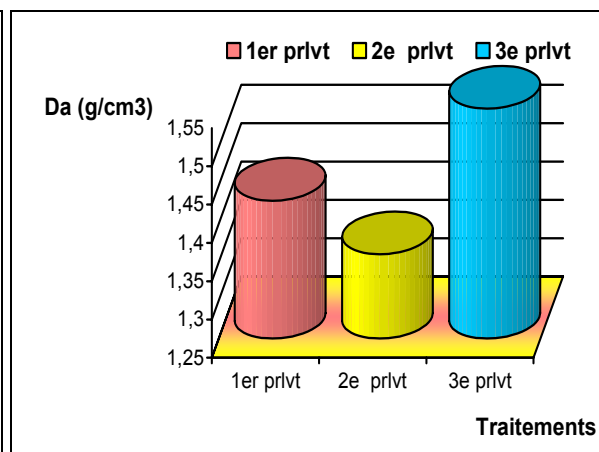


Figure n° 36.6 : Effet jachère travaillée/ cultivateur dents/ sur la variation de la densité apparente

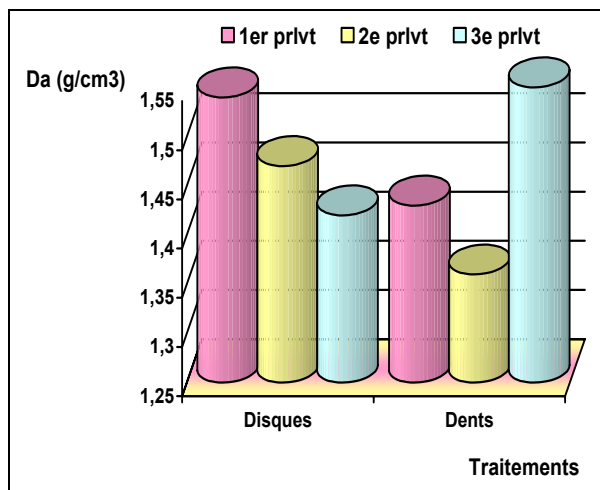


Figure n° 36.7 : Effet jachère travaillée /outils pour sur la variation de la densité apparente.

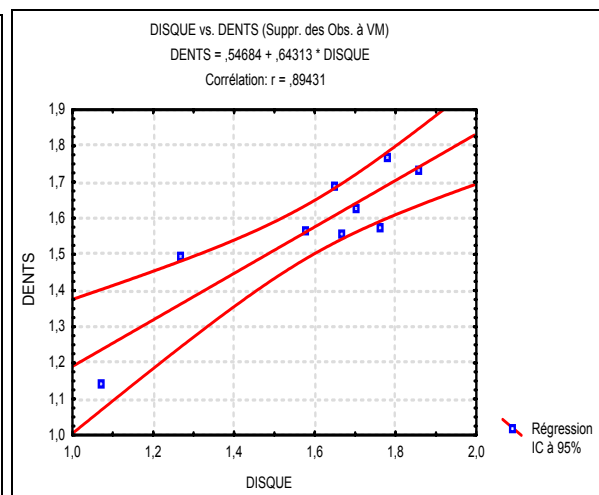


Figure n° 36.8 : corrélation et régression de Da Charrue à disques / cultivateur à dents

Tableau n° 24.3 : Effet moyen principal de l'interaction jachère travaillée/ outils sur la variation de la densité apparente.

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3	ppds
Jachère travaillée	Disques	0.07	0.05	0.12	0.07
	Cultivateur	0.07	0.19	0.12	

t= 34 pour $\alpha=10\%$

Tableau n° 24.4 : Comparaison de l'effet moyen principal.

Dates de prélèvements		T1	T2	T3	ppds
Jachère travaillée	Dis/ culti	0.11	0.11	0.13	0.07

t=34 pour $\alpha=10\%$

1.3- Effet jachère nue /outils/temps sur la variation de la densité apparente.

1.3.1- Effet de la jachère nue /charrue à disques/temps

sur la variation de la densité apparente.

Une analyse de la variance a été menée pour étudier l'action de l'interaction du précédent cultural et du labour avec une charrue à disques sur l'évolution de la densité apparente dans le temps.

La **figure n° 36.9** indique que l'effet de labour n'apparaît qu'après une longue durée de labour (100 jours). On remarque qu'une faible évolution est enregistrée au deuxième prélèvement comparativement au premier prélèvement. On a obtenu une valeur de 1.45g/cm^3 pour le premier prélèvement et 1.47 g/cm^3 pour le deuxième prélèvement. Sous l'effet du labour, l'horizon de surface sera plus ou moins équilibré et structuré. Les phénomènes d'échanges entre la couche labourée et l'atmosphère sont très importants, ce qui reflète négativement sur le phénomène de saturation du sol en eau et diminue donc le tassement du sol.

Avec le temps et sous l'effet du climat (notamment une forte pluviométrie), le sol est saturé en eau, les mottes sont dégradées sous l'action d'une forte humidité et la terre est plus en plus fine ; ce qui provoque un tassement du sol rapide et intense avec une augmentation rapide du volume apparent du sol. Cela apparaît visible au troisième prélèvement.

Le **tableau n° 24.5** confirme ces résultats où aucune différence significative n'est enregistrée entre les moyennes obtenues durant le premier prélèvement et celles du deuxième prélèvement (T1 – T2). Cette différence est significative à savoir entre le premier prélèvement et le troisième prélèvement d'un côté et entre le deuxième et le troisième prélèvement de l'autre (T1-T3) et (T2- T3).

1.3.2- Effet de l'interaction jachère nue /cultivateur à dents/ temps

sur la variation de la densité apparente

La **figure n°36.10** présente l'effet du cultivateur à 11 dents sur la variation de la densité apparente dans le temps au niveau des parcelles mises en jachère nue pendant une année (2004/2005).

Les résultats obtenus indiquent une faible valeur de la densité apparente enregistrée durant le premier prélèvement (T1) 1.54g/cm^3 . Cette valeur augmente avec le temps pour atteindre 1.72 g/cm^3 . Cette augmentation est liée fortement au changement saisonnier du climat où une quantité importante de pluies est enregistrée au niveau de la région

notamment le même jour du prélèvement. Le sol dans ce cas est saturé en eau et les particules d'argile évoluent rapidement en masse ; ce qui augmente le phénomène de tassement comparativement au phénomène d'infiltration.

Durant le troisième prélèvement (T3), la densité apparente du sol diminue encore pour enregistrer une moyenne de 1.49 g/cm^3 . Cette moyenne est plus faible que celle enregistrée au premier prélèvement et ceci est due au facteur temps où les parcelles labourées sont semées et couvertes avec le temps par la culture en cours de croissance. Cette couverture va augmenter à un certain niveau, l'infiltration du sol par son enracinement qui va créer une porosité assez suffisante pour diminuer l'effet nocif du climat. La densité apparente alors diminue.

Cette différenciation des moyennes est confirmée à partir de **tableau n°24.5** où une différence significative est enregistrée entre le premier et le deuxième prélèvement d'un côté et entre le deuxième et le troisième prélèvement de l'autre. Cette différence est non significative entre le premier et le troisième prélèvement.

1.3.3- La comparaison

Pour comparer les interactions précédentes, une analyse de variance a été effectuée au sein de chaque parcelle. Les résultats obtenus sont illustrés dans la **figure n° 36.11** où on remarque que le cultivateur à 11 dents est l'outil qui a un effet sur l'évolution de la densité apparente, en revanche, la charrue à disques a un effet moindre.

Une hétérogénéité significative des valeurs obtenues est très claire avec le temps sous l'effet de deux outils de labour (charrue à disques et cultivateur à dents) **tableau n° 24.6**. Toute fois le calcul de coefficient de corrélation confirme tous ces résultats où une forte corrélation négative est enregistrée entre les valeurs de la densité apparente sous l'effet disques et sous l'effet cultivateur à dents quelque soit la date de prélèvement.

Tous ces résultats sont probablement dus au précédent cultural pratiqué durant la campagne agricole (2004/2005) où le sol mis en jachère nue plus exposé aux facteurs de dégradation (érosion éolienne ou hydrique) et affiche à la fin de la saison estivale une destruction complète de l'horizon superficiel du sol. Le labour réalisé a pour but de préparer le lit de semences et de corriger les défauts provenant de la jachère nue mais dans une saison humide ce labour sera un facteur dégradant de la structure du sol plus qu'un facteur améliorant quelque soit l'outil utilisé. On constate une augmentation de l'humidité du sol avec un tassement intense, ce qui explique l'augmentation de la densité apparente. Le test de corrélation confirme tous ces résultats où les valeurs de la densité apparente obtenues sous l'effet, soit de la charrue à disques, soit du cultivateur à 11 dents alourdi sont corrélées entre elles fortement positives (**figure n° 36.12**).

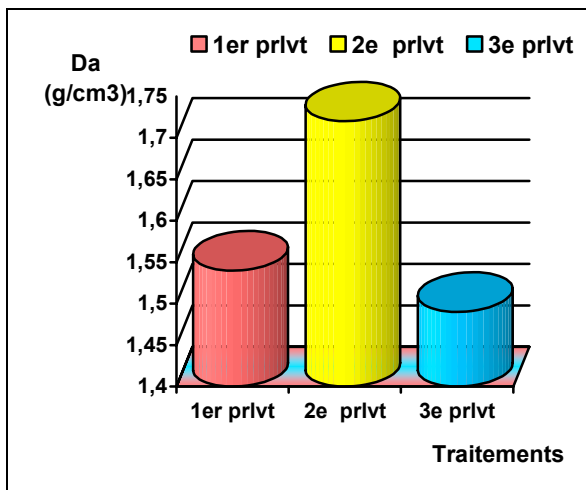
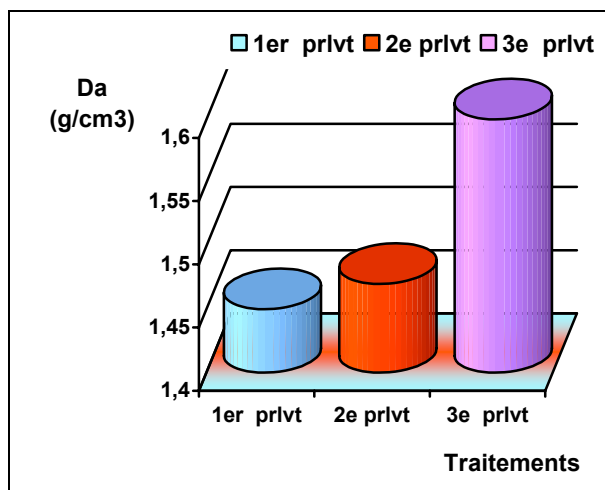


Figure n° 36.9 : Effet jachère nue / charrue à disques **Figure n° 36.10 :** Effet jachère nue/ cultivateur à dents
sur la variation de la densité apparente

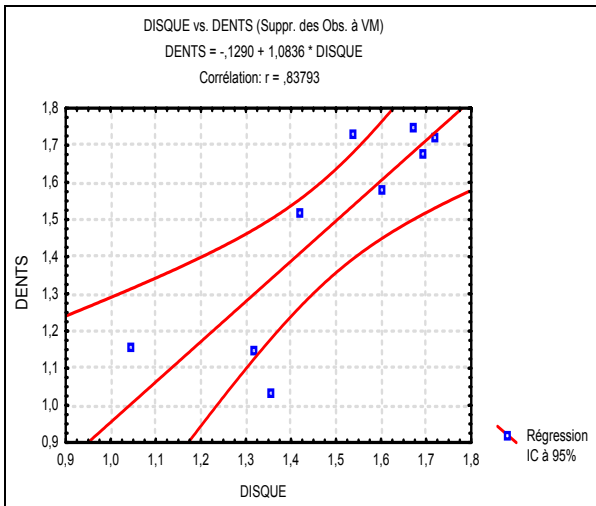
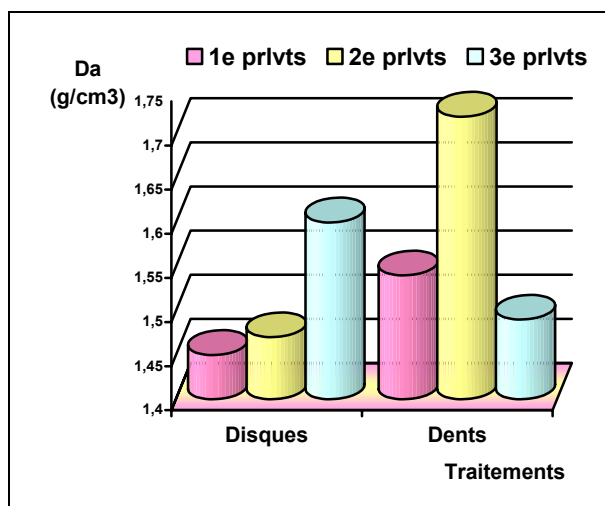


Figure n° 36.11 : Effet jachère nue / outils pour **Figure n° 36.12 :** corrélation et régression de Da
sur la variation de la densité apparente. Charrue à disques / cultivateur à dents.

Tableau n° 24.5 : Effet moyen principal d'interaction jachère nue/ outils
sur la variation de la densité apparente

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3	Ppds
Jachère nue	Disques	0.02	0.13	0.15	0.07
	cultivateur	0.18	0.23	0.05	

t= 34 pour $\alpha=10\%$

Tableau n° 24.6 : La comparaison d'effet moyen principal.

Dates de prélèvements		T1	T2	T3	Ppds
Jachère nue	Dis/ culti	0.09	0.25	0.11	0.07

t=34 pour $\alpha=10\%$

2- EFFET OUTIL DE LABOUR /PRECEDENTS CULTURAUX/TEMPS SUR LA VARIATION DE LA DENSITE APPARENTE

2.1- Effet charrue à disques /précédents cultureux/temps sur la variation de la densité apparente

La **figure n° 36.13** indique que la charrue à disques a des actions différentes sur la variation de la densité apparente dans le temps pour chaque précédent cultural. On note que les plus fortes moyennes sont enregistrées au troisième prélèvement sur les labours ayant comme précédents cultureux une chaume de céréales et une jachère nue. Ceci est traduit par l'effet négatif du labour avec la charrue à disques quel que soit le précédent cultural pratiqué, ce qui provoque une diminution de la densité apparente. La charrue crée au cours de son déplacement une surface imperméable qu'on appelle aussi surface de contact entre le sol et les disques de la charrue. Sous cette action, l'humidité de l'horizon de surface augmente par rapport à l'infiltration, ce qui provoque un tassement du sol avec une valeur des particules solides du sol importante.

La plus faible valeur est enregistrée pour les parcelles ayant comme précédent cultural, la chaume de céréales au premier prélèvement. Ceci est lié fortement au précédent cultural où le sol sous un couvert végétal (chaume de céréales) est un sol plus fertile et plus poreux. Même après le labour, il garde, pendant un certain temps, ses caractéristiques principales ; ce qui explique la diminution de la densité apparente.

Les parcelles mises en jachère travaillée et labourées ensuite avec une charrue à disques affichent une diminution progressive de la densité apparente dans le temps. Ceci est traduit par l'effet amélioré de la jachère travaillée sur la structure du sol à long terme.

Le **tableau n° 24.7** confirme aussi ces résultats puisqu'on remarque une différence significative enregistrée entre les dates de prélèvement pour tous les traitements sauf pour les parcelles mises en jachère nue où aucune différence significative n'est enregistrée entre le premier et le deuxième prélèvement (T1 – T2) et pour parcelles ayant une jachère travaillée comme précédent cultural entre le deuxième et le troisième prélèvement (T2 – T3).

L'étude de corrélation montre une certaine hétérogénéité entre les valeurs obtenues sous l'effet de la chaume de céréales et celles notées après une jachère nue (faible corrélation). Contrairement une forte corrélation positive est enregistrée entre l'effet des précédents cultureux (chaume de céréales et jachère travaillée) et entre (la jachère travaillée et la jachère nue).

2.2- Effet cultivateur /précédents cultureux/ temps sur la variation de la densité apparente.

L'étude de l'évolution de la densité apparente après le labour avec le cultivateur à 11 dents alourdi ayant des différents précédents cultureux a savoir (chaume de céréales, jachère travaillée et jachère nue) montre que les meilleures valeurs de la densité apparente sont enregistrées au niveau des parcelles ayant comme précédent culturel la chaume de céréales en premier classe puis les parcelles ayant comme précédent culturel une jachère nue en deuxième lieu. La plus faible valeur est enregistrée au niveau des parcelles ayant comme précédent culturel une jachère travaillée quelque soit la date de prélèvement (**figure n° 36.14**).

Ces observations expliquent l'effet principal des précédents cultureux sur la variation de la densité apparente où on note que les parcelles couvertes de chaume de céréales sont des parcelles qui comportent une structure plus ou moins humide et sous l'effet de labour l'horizon labouré est facilement compacté, ce qui augmente les valeurs de la densité apparente dans le temps. Sous l'effet de la jachère nue, la couche superficielle est plus ou moins érodée et les phénomènes d'échange entre le sol et l'atmosphère diminuent. Le labour avec le cultivateur à dents va augmenter ces contraintes ; ceci a donné une bonne densité apparente au premier et au deuxième prélèvement.

La jachère travaillée diminue la densité apparente et augmente la porosité du sol. Le labour effectué par cet outil sur ce précédent culturel (jachère travaillée) améliore d'avantage la porosité et diminue la densité apparente jusqu'au deuxième prélèvement puis elle s'améliore au troisième prélèvement (**figure n° 36.14**). La valeur moyenne de la densité apparente enregistrée dans ce précédent culturel reste inférieure au celles des deux autres précédents cultureux.

L'effet principal de l'interaction (**tableau n° 24.8**) ne montre aucune différence significative entre les combinaisons de temps (T1- T2) et (T1 – T3) sur chaume de céréales et entre la combinaison (T1 – T3) sur jachère nue comme précédent culturel. Le reste des combinaisons ont une différence significative quelque soit le précédent culturel pratiqué.

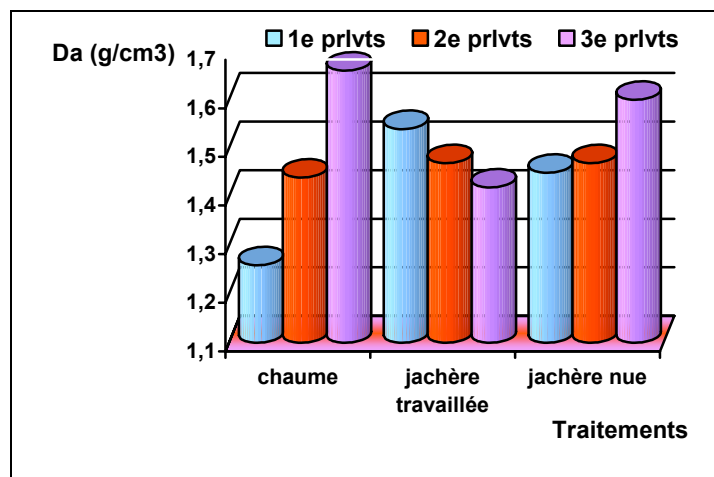


Figure n° 36.13 : Effet charrue à disques /précédents culturaux/ temps sur la variation de la densité apparente.

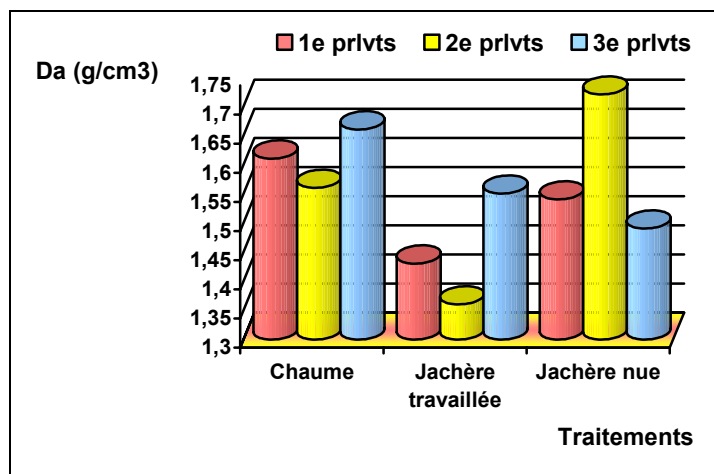


Figure n° 36.14 : Effet cultivateur /précédents culturaux/ temps sur la variation de la densité apparente.

Tableau n° 24.7 : Effet moyen principal de l'interaction charrue à disques/ précédents culturaux sur la variation de la densité apparente

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3
Chaumes	Disques	0.18	0.22	0.4
Jachère travaillée	Disques	0.07	0.05	0.12
Jachère nue	Disques	0.02	0.13	0.15

Tableau n° 24.8 : Effet moyen principal de l'interaction cultivateur à dents/ précédents culturaux sur la variation de la densité apparente

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3
Chaumes	Cultivateur	0.05	0.1	0.05
Jachère travaillée	Cultivateur	0.07	0.19	0.12
Jachère nue	Cultivateur	0.18	0.23	0.05

CONCLUSION

La densité apparente joue un rôle important dans l'évolution et la dégradation de la structure du sol. Elle est influencée par l'interaction entre les précédents culturels pratiqués durant la campagne agricole précédente (2004/2005), l'outil utilisé pour le labour pendant la campagne agricole (2005/2006), et l'effet de la variation saisonnière du climat.

- **La jachère nue** se différencie par une densité apparente importante quelque soit l'outil de labour (charrue à disques ou à dents). Ce résultat en revanche a un effet négatif sur la structure du sol. Le sol sous l'effet de la jachère nue est plus exposé aux facteurs de dégradation surtout l'horizon de surface qui devient complètement déstructuré après la saison estivale. Même après son labour aucune amélioration des contraintes de dégradation ne peut être effectuée quelque soit l'outil utilisé.

- **Chaume de céréales** : l'effet de ce précédent culturel est déterminé suivant l'outil de labour utilisé.

Le sol couvert par une couche de chaume de céréales est un sol plus ou moins émietté et humide. S'il est labouré avec un outil à disques, les particules solides de l'horizon labouré sont de plus en plus compactées entre elles. Le sol avec le temps est fortement tassé ; ce qui donne une densité apparente importante. Si le sol est travaillé avec un outil à dents, on note une amélioration assez importante de la structure du sol sous l'effet de l'interaction entre les deux facteurs (cultivateur –chaume de céréales). Le cultivateur au cours de son déplacement crée avec ses dents des lignes de labour profondes avec une augmentation importante de la porosité ainsi que l'infiltration et une diminution du phénomène d'humectation dans le sol. Ces mêmes observations sont déterminées pour les parcelles mises en **jachère travaillée** quelque soit l'outil de labour (charrue à disques et cultivateur à dents).

Une analyse de variance a été réalisée pour déterminer l'effet de l'interaction entre le précédent culturel et l'outil utilisé pour le travail du sol sur la variation de la densité apparente dans le temps où on note un effet hautement significatif de l'interaction de ces trois facteurs entre eux au seuil de 10 %.

Pour la densité apparente, on peut penser finalement que l'action des précédents culturels et des engins de labour sur l'évolution de la densité apparente est liée fortement aux conditions climatiques. Il sera alors possible de constater éventuellement des différences dans l'évolution de la densité apparente avec l'état climatique de la région d'étude.

Tableau n° 24.9 : Analyse de variance de la densité apparente

Source de la variation	ddl	Carres moyens
Totale	53	0.06 ^{ns}
Précédents culturaux (F1)	2	0.04 ^{ns}
-Le contraste	1	00 ^{ns}
Outils de labour (F2)	1	0.06*
Temps (F3)	2	0.04 ^{ns}
- Le contraste	1	0.07*
F1xF2xF3	4	0.06**
Blocs	2	0.87****
Résiduelle	34	0.02

ns : effet non significatif,

** : Effet significatif au seuil 5 %

**** : Effet significatif au seuil 0.1%

* : Effet significatif au seuil 10%

*** : Effet significatif au seuil 1 %

II- ETUDE DE LA VARIATION DE LA POROSITE TOTALE DU SOL

L'analyse de la porosité totale du sol est réalisée dans trois blocs homogènes avec six traitements pour chaque bloc. Trois prélèvements ont été effectués dans le temps durant la campagne agricole 2005/2006, dans le but de déterminer l'effet de l'interaction entre les trois facteurs étudiés à savoir (précédents culturaux/ outils de labour et temps) sur l'évolution de la porosité totale du sol.

Les résultats obtenus, nous donne cinq séries d'interprétations à savoir :

- chaumes de céréales combinées avec les deux outils.
- Jachère travaillée combinée avec les deux outils.
- Jachère nue combinée avec les deux outils.
- Charrue à disques combinée avec les trois précédents culturaux.
- Cultivateur à 11 dents alourdi combiné avec les trois précédents culturaux.

1- EFFET PRECEDENTS CULTURAUX/OUTILS/TEMPS SUR LA VARIATION DE LA POROSITE TOTALE DU SOL.

1.1- Effet chaume de céréales/outils/temps sur la variation de la porosité totale du sol

1.1.1- *Effet chaume de céréales /charrue à disques/temps sur la variation de la porosité totale du sol*

Les résultats obtenus au cours de l'étude de l'effet de l'interaction entre un précédent cultural (chaume de céréales) et un labour avec une charrue à disques sur l'évolution de la porosité totale du sol dans le temps, sont présentés dans **la figure n° 37.1**.

La figure indique que la meilleure valeur de la porosité est enregistrée juste au premier prélèvement (T1). Cette valeur diminue progressivement jusqu'au troisième prélèvement où on note un très faible nombre de pores (36.25 %).

Le **tableau n° 25.1** explique mieux ces résultats où on observe :
Entre T1 - T2 aucune différence significative n'est enregistrée entre la valeur de la porosité consignée au premier prélèvement et celle affichée au deuxième prélèvement.

Une différence significative est enregistrée entre les combinaisons (T2-T3) et (T1-T3), ceci due au changement climatique (pluviométrie).

La chaume est utilisée pendant un certain temps comme un écran anti-érosif où elle gêne les ruissellements et améliore en parallèle la structure du sol notamment la porosité du

sol par l'action de l'activité biologique dans le sol. Après le labour avec la charrue à disques, le nombre des pores sera diminué avec le temps. Il commence par une diminution légère puis devient plus en plus agressif surtout au troisième prélèvement. Ceci est traduit par l'effet nocif du labour sur un sol plus ou moins humide où la charrue au cours de son déplacement et son retournement du sol, effectue un tassement. Ce phénomène augmente avec le temps surtout dans une saison pluviale où le sol est saturé en eau. Une faible infiltration est enregistrée avec un très grand tassement du sol.

1.1.2- Effet chaume de céréales /cultivateur à dents/ temps sur la variation de la porosité totale du sol

La **figure n° 37.2** montre que l'évolution de l'espace poral est de forme hyperbolique, son sommet présente la valeur maximale de la porosité du sol enregistrée au deuxième prélèvement et ses extrémités sont les faibles moyennes de l'espace poral qui sont enregistrées au premier et au troisième prélèvement.

Un autre test est mené pour étudier l'effet principal des moyennes, qui montre que les combinaisons (T1-T2) et (T1-T3) ne présentent aucune différence significative entre les résultats obtenus à ces dates de prélèvement. Par contre une différence significative est enregistrée entre le deuxième et le troisième prélèvement (T2-T3) (**tableau n° 25.1**).

Ces résultats sont certainement dus à l'effet du chaume de céréales qui est utilisé depuis long temps comme une méthode anti-érosive (mulch) et aussi dans le but d'améliorer la fertilité du sol à partir de l'activité biologique. Cette activité améliore en revanche la structure du sol qui devient grumeleuse et plus en plus équilibrée. La couche des chaumes aussi a un rôle très important dans la diminution de l'évapotranspiration et l'augmentation en parallèle de l'humidité du sol. Cette dernière provoque un tassement rapide après le labour avec le cultivateur à dents ce qui donne un faible taux de la porosité totale du sol. Ce taux augmente légèrement au deuxième prélèvement pour diminuer une autre fois au troisième prélèvement sous l'effet du temps (pluviométrie importante) où les pores sont saturées en eau avec une très faible infiltration, ce qui provoque une destruction de la chaîne porale dans le sol et ne restent que les micropores engorgés en eau.

1.1.3- La comparaison

Dans le but de déterminer la combinaison qui agit fortement sur l'évolution de l'espace poral du sol, une analyse de variance a été effectuée. Les résultats obtenus sont résumés

dans la **figure n° 37.3**. Cette figure indique que la porosité du sol est importante pour les traitements (chaumes/ charrue à disques) au premier prélèvement. La plus faible valeur est enregistrée au troisième prélèvement quelque soit l'outil utilisé pour le labour (charrue à disques ou cultivateur à dents).

D'une manière générale, on note que les meilleures valeurs de la porosité du sol sont enregistrées après le labour avec la charrue à disques. Le **tableau n° 25.2** montre qu'il y a une différence significative entre l'effet de ces deux outils sur l'évolution de l'espace poral du sol. Cette différence est non significative entre ces deux outils au troisième prélèvement.

La figure de corrélations montre qu'il y a une faible corrélation positive entre la charrue à disques et le cultivateur à dents. Ces résultats peuvent être expliqués par l'effet du précédent cultural (**figure n° 37.4**).

Après la moisson (2004/2005), les chaumes restent en surface dans le but de diminuer les ruissellements et conserver le maximum d'humidité. En principe, le labour, dans ce cas ne doit être pratiqué qu'au printemps, mais la plus part des agriculteurs labourent ses champs juste avant le semis en hiver. Notre labour a été effectué au mois de novembre et donc ce qui gêne l'évolution progressive de la structure du sol et qui a un effet aussi négatif sur la porosité du sol.

Le labour augmente généralement au début le volume des pores surtout pour les parcelles travaillées avec la charrue à disques. Avec le temps, ce volume diminue sous l'effet du changement du climat (forte pluviométrie et une faible température), les pores sont saturés en eau pour les parcelles travaillées soit par un outil à disques soit avec un outil à dents suivi par un tassement rapide et intense du sol. La porosité du sol diminue en quelques micropores ce qui explique la diminution de la porosité totale du sol.

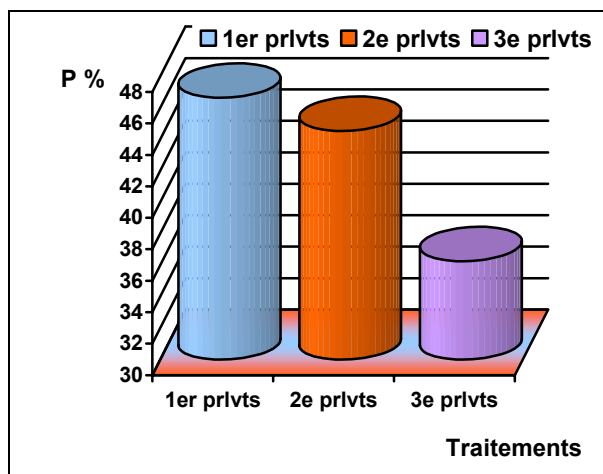


Figure n° 37.1 : Effet chaume / charrue à disques / sur la variation de la porosité totale du sol.

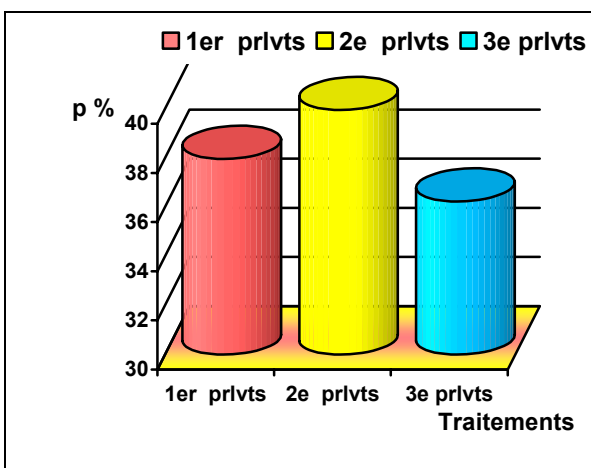


Figure n° 37.2 : Effet chaume / cultivateur à dents/ sur la variation de la porosité totale du sol.

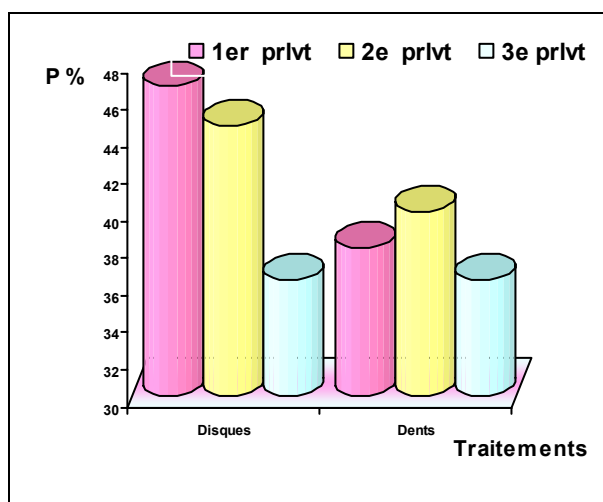


Figure n° 37.3 : Effet chaume /outils / pour sur la variation de la porosité totale du sol.

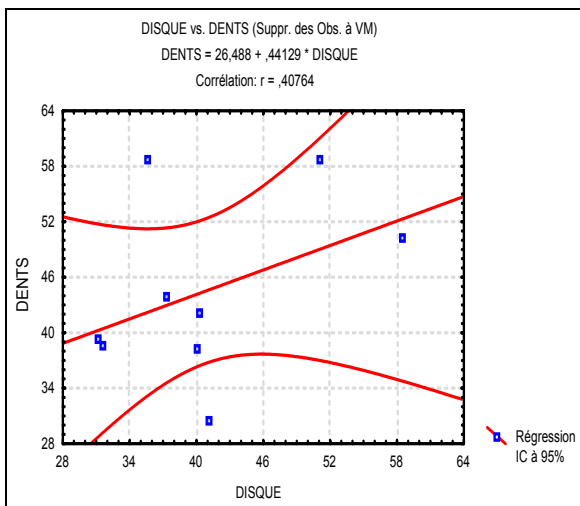


Figure n° 37.4 : corrélation et régression de P % Charrue à disques / cultivateur à dents.

Tableau n° 25.1 : Effet moyen principal de l'interaction chaume de céréales/ outils sur la variation de la porosité totale du sol

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3	ppds
Chaumes	Disques	2.12	8.28	10.4	2.66
	Cultivateur	1.99	3.73	1.74	

t = 34 pour $\alpha = 10\%$

Tableau n° 25.2 : La comparaison de l'effet moyen principal

Dates de prélèvements		T1	T2	T3	Ppds
Jachère nue	Dis/ culti	8.69	4.58	0.03	2.66

t= 34 pour $\alpha = 10\%$

1.2- Effet de la jachère travaillée /outils / temps sur la variation de la porosité totale du sol

1.2.1- Effet de la jachère travaillée /charrue à disques temps sur la variation de la porosité totale du sol

Les parcelles mises en jachère travaillée puis labourées avec la charrue à disques améliorent progressivement l'espace poral du sol (**figure n° 36.5**). Les résultats obtenus montrent que la porosité totale du sol augmente avec le temps juste après le premier prélèvement. Ceci est dû à l'action de l'outil qui retourne le sol au cours de son déplacement, homogénéise l'horizon de surface qui devient plus poreux et constitue alors un facteur de résistance contre l'érosion. Cette évolution reste moins importante, ce qui est expliqué par l'augmentation légère du nombre de pores durant une période de 100 jours.

Le tableau n° 25.3 confirme à un certain niveau ces résultats où on note l'absence d'une différence significative entre les valeurs enregistrés (T1-T2) et (T2-T3). Une seule différence significative est enregistrée entre les moyennes obtenues au premier prélèvement et celles consignées au troisième prélèvement.

D'une manière générale, le labour avec la charrue à disques après une période de jachère travaillée n'agit pas fortement sur l'évolution de l'espace poral du sol où l'horizon labouré est constitué des mottes plus ou moins fragmentées sous l'effet des disques. Le sol est alors riche en terre fine, donc la porosité sera réduite de macroporosité en microporosité.

1.2.2- Effet de la jachère travaillée /cultivateur à dents/temps sur l'évolution de la porosité du sol

Le volume poral d'après cette expérience augmente légèrement au premier prélèvement pour atteindre une moyenne de 47.12 % au deuxième prélèvement (après 50 jours de labour) puis une diminution agressive est enregistrée au troisième prélèvement. En général, le temps (changement du climat) agit sur l'évolution de la porosité du sol négativement **figure n° 37.6**.

La jachère travaillée est pratiquée dans le but d'améliorer l'espace poral du sol et d'emmagasiner le maximum d'eau durant la période de la jachère. Le labour après la saison estivale augmente en plus la porosité totale du sol ; surtout l'horizon labouré où le cultivateur au cours de son déplacement ne change pas la structure du sol. Il crée avec ses dents des lignes de labour profond riche en pores surtout la macroporosité. On note souvent une activité

d'échange entre le sol et l'atmosphère intense ce qui améliore parallèlement la structure du sol notamment la porosité du sol.

Au troisième prélèvement, le volume poral diminue fortement, ceci est traduit par l'effet du changement du climat où une forte pluviométrie est enregistrée entre la période qui s'étale entre le deuxième et le troisième prélèvement. Les pores du sol explosent sous l'effet du gel et du dégel de l'eau contenue dans ce sol et se désagrègent en particules fines qui colmatent facilement entre elles (une prise masse) avec le temps et la porosité souvent est très faible.

Ces résultats sont confirmés à partir du **tableau n° 25.3** où une différence significative est enregistrée au niveau des combinaisons (T1-T3) et (T2-T3) et non significative entre les valeurs obtenues au premier prélèvement et celle obtenues au deuxième prélèvement.

1.2.3- La comparaison

L'étude de l'effet de l'interaction entre le précédent cultural (jachère travaillée) et les différents outils utilisés pour le travail du sol (charrue à disques ou cultivateur à dents) sur l'évolution de la porosité totale du sol dans le temps, donne des résultats de l'analyse de variance, qui permettent d'obtenir une vision générale de l'évolution de l'espace poral.

La **figure n° 37.7** indique que l'évolution de la porosité totale du sol dans le temps est importante pour les parcelles travaillées avec une charrue à disques comparativement aux parcelles travaillées avec un cultivateur à 11 dents alourdi. Même si on enregistre une moyenne pour les deux traitements (44.04 % et 43.24 %) respectivement, où on note que dans les parcelles travaillées avec une charrue à disques, une augmentation progressive du nombre de pores dans le temps contrairement cette augmentation est enregistrée pour les parcelles travaillées avec le cultivateur à dents au premier et au deuxième prélèvement seulement T1 et T2 puis le volume poral est réduit au troisième prélèvement sous l'effet temps où la structure porale résultante du labour ne résiste pas fortement aux conditions climatiques (pluviométrie notamment).

Cette différenciation entre ces résultats est expliquée par la différence significative entre l'action de l'outil à disques et celle de l'outil à dents sur l'évolution de la porosité totale du sol **tableau n° 25.4**.

Un test de corrélation confirme ces résultats où on note une forte corrélation positive est enregistrée entre les valeurs de la porosité sous l'effet du disque et du cultivateur à dents (**figure n° 37.8**).

Statistiquement, l'évolution de l'espace poral peut expliquer la relation entre les facteurs étudiés. La jachère travaillée est pratiquée depuis longtemps comme une méthode de lutte anti-érosive d'un côté et d'emmagasinement de l'eau de pluie en saison pluviale ; ce qui provoque une amélioration importante de l'espace poral dans le temps.

Le labour avant le semis agit positivement sur l'évolution de la porosité du sol si le labour est réalisé avec un outil à disques. Si l'outil à dents est l'engin utilisé pour le labour, une évolution spatiale rapide et intense est enregistrée à courte durée et peut diminuer dans le temps sous l'effet du changement du climat.

Finalement on peut dire que l'évolution temporelle de l'espace poral dans l'horizon labouré sera caractérisée par une régression quantitative de la structure dépendant surtout au travail du sol tardif. En général, on constate une très nette différence entre les lots travaillés avec la charrue à disques et ceux travaillés avec le cultivateur à 11 dents alourdi.

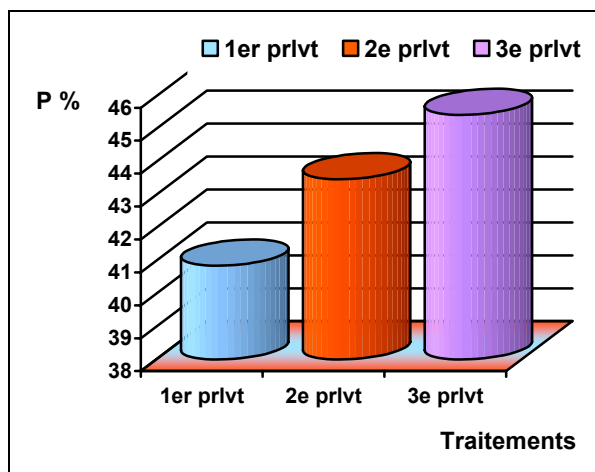


Figure n° 37.5 : Effet de la jachère travaillée/ charrue à disques/ sur l'évolution de la porosité du sol.

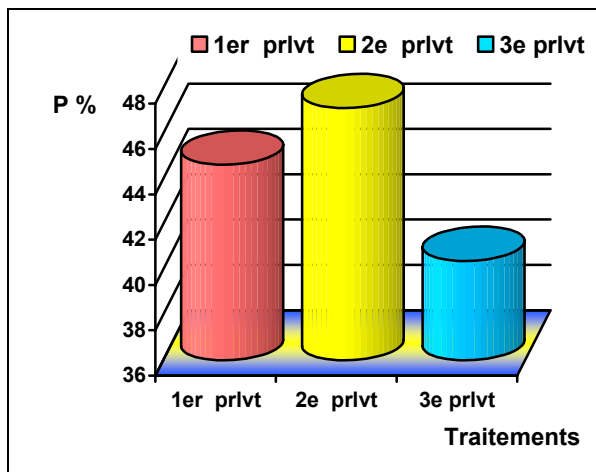


Figure n° 37.6 : Effet de la jachère avallée/cultivateur à dents/ sur l'évolution de la porosité du sol.

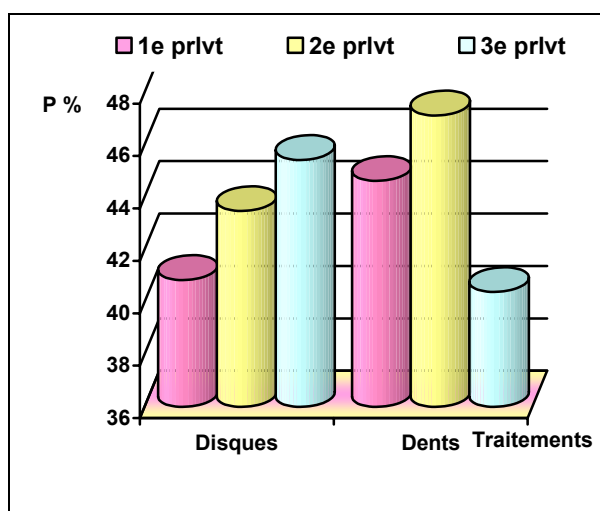


Figure n° 37.7 : Effet de la jachère travaillée /outils/ pour sur l'évolution de la porosité totale du sol.

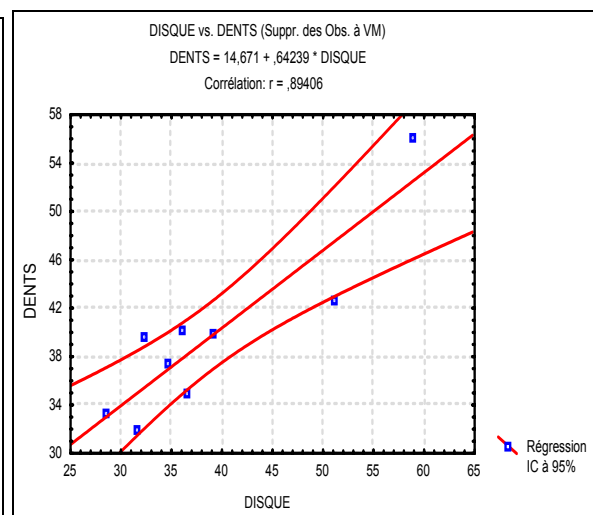


Figure n° 37.8 : corrélation et régression de P% charrue à disques / cultivateur à dents.

Tableau n° 25.3 : Effet moyen principal d'interaction jachère travaillée/ outils sur la variation de la porosité totale du sol

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3	ppds
Chaumes	Disques	2.63	1.95	4.58	2.66
	Cultivateur	2.5	6.74	4.24	

t = 34 pour $\alpha = 10\%$

Tableau n° 25.4 : La comparaison d'effet moyen principal.

Dates de prélèvements		T1	T2	T3	Ppds
Jachère nue	Dis/ culti	3.78	3.65	5.04	2.66

t= 34 pour $\alpha = 10\%$

1.3 - Effet de la jachère nue/ outils/ temps sur l'évolution de la porosité du sol

1.3.1- Effet de la jachère nue /charrue à disques / temps sur l'évolution de la porosité du sol

Les valeurs moyennes de la porosité totale dans l'horizon superficiel sont présentées dans la **figure n° 37.9**. Il en ressort que la porosité surfacique diminue dans le temps dans les parcelles travaillées avec la charrue à disques après une année de la jachère nue. La meilleure moyenne est enregistrée juste au premier prélèvement (effet de labour) où le sol durant la période de la jachère est exposé à l'air libre et au phénomène de dégradation (érosion éolienne et hydrique). Les particules fines sont déplacées complètement de la surface du sol soit par le vent soit par l'eau de ruissellement et il ne reste à la surface que les particules grossières. La structure du sol sera dégradée avec une porosité assez importante. Le labour avec la charrue à disques qui suit la jachère nue augmente la destruction de l'horizon avec une fragmentation importante des mottes à grande taille et les transforme en terre fine sous l'action des disques et diminue parallèlement la porosité du sol. Cette diminution augmente en conditions humides (saison pluviale) ce qui est enregistré au le troisième prélèvement.

L'analyse de la variance (**tableau n° 25.5**) ne montre aucune différence enregistrée entre les valeurs obtenues au premier et au deuxième prélèvement (T1-T2). Une différence significative est enregistrée entre les moyennes enregistrées au niveau des combinaisons (T2-T3) et (T1-T3).

1.3.2- Effet de la jachère nue /cultivateur à dents/temps sur l'évolution de l'espace poral du sol.

L'analyse statistique réalisée à la fin de notre expérimentation indique globalement qu'il y a une relation étroite entre les deux facteurs (jachère nue et cultivateur à dents) qui agissent sur l'évolution de la porosité totale du sol dans le temps. Les résultats obtenus sont présentés dans la **figure n° 37.10**.

La première observation de cette figure montre que l'évolution de l'espace poral est de forme parabolique dans le temps qui explique que la variation de la porosité totale du sol non seulement en relation de l'interaction précédent cultural / cultivateur à dents mais liée aussi au changement climatique (variation d'humidité et des températures).

Au premier prélèvement, on note une valeur de 40.81%. Cette valeur diminue fortement durant une période de 50 jours pour atteindre une valeur de 33.68 % au deuxième

prélèvement ; ceci est dû au changement du climat qui agit avec le labour négativement sur la structure spatiale du sol. Le sol après le labour est plus ou moins déstructuré avec le temps.

Les macro-pores résultants du labour vont être saturé en eau ; ce qui provoque un tassement du sol avec un taux important des particules solides comparativement au nombre des pores qui est réduit. Généralement, le phénomène d'infiltration est moins important dans ce cas.

Au troisième prélèvement ; les parcelles couvertes d'une couche végétale au cours de croissance vont diminuer l'effet nocif des pluies et augmenter parallèlement le taux des pores par les racines du végétal.

Les résultats du **tableau n° 25.5** affirment qu'une différence significative est enregistrée entre les valeurs obtenues durant les trois dates de prélèvement ; ce qui explique aussi l'effet de changement saisonnier du climat sur la répartition de la structure spatiale en relation avec le précédent cultural et l'outil utilisé.

1.3.3- La comparaison

Une comparaison est réalisée entre les résultats obtenus de la porosité du sol sous l'effet de deux différents outils de labour sur des parcelles ayant de même précédent cultural (jachère nue) dans le but de déterminer l'effet de l'outil sur l'évolution de l'espace poral du sol dans le temps et sur l'amélioration de la structure du sol pour donner un bon rendement de céréales.

Les résultats de la **figure n° 37.11** indiquent que la meilleure valeur est enregistrée au niveau des parcelles travaillées avec un cultivateur à dents (45.01%) au troisième prélèvement. La plus faible valeur est enregistrée sur les mêmes parcelles au deuxième prélèvement (T2). A partir de la comparaison des résultats, on remarque que le labour avec un outil à disques a un effet négatif sur l'évolution de la porosité du sol où on note une diminution progressive de l'espace poral durant les trois dates de prélèvement. Toutefois le calcul de la moyenne de la porosité indique que le volume des pores sous l'action du labour avec une charrue à disques reste le plus important même s'il y a une diminution dans le temps, comparativement aux moyennes enregistrées sous l'effet d'un cultivateur à dents (41.98 % et 39.83 %) respectivement.

Une différence significative est enregistrée entre l'effet de ces deux outils de labour (charrue à disques et cultivateur à dents) sur la variation de la porosité totale du sol quelque soit la date de prélèvement (**tableau n° 25.6**). Une forte corrélation positive lie ces valeurs entre elles (**figure n° 37.12**).

Le rôle essentiel de la pratique de la jachère nue est d'obtenir une structure plus ou moins équilibrée dans le temps et réserver le maximum d'eau dans ses horizons

profonds, mais il faut éviter cette pratique en zone aride et semi aride car elle est un facteur dégradant et non améliorant du sol. Si on pratique la jachère nue, de préférence, il faut labourer le sol avant le semis avec une charrue à disques qui peut conserver un taux assez important des pores même à longue durée.

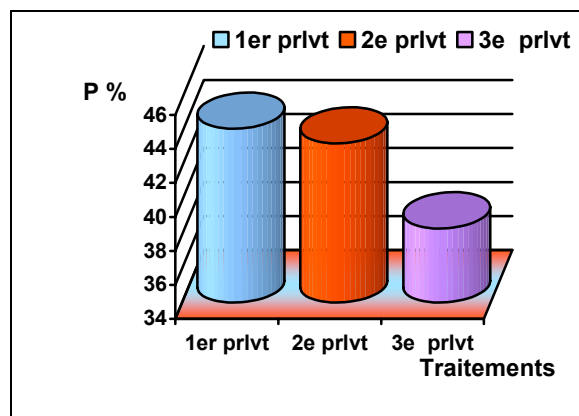


Figure n° 37.9 : Effet de la jachère nue/ charrue à disques/ sur l'évolution de la porosité totale.

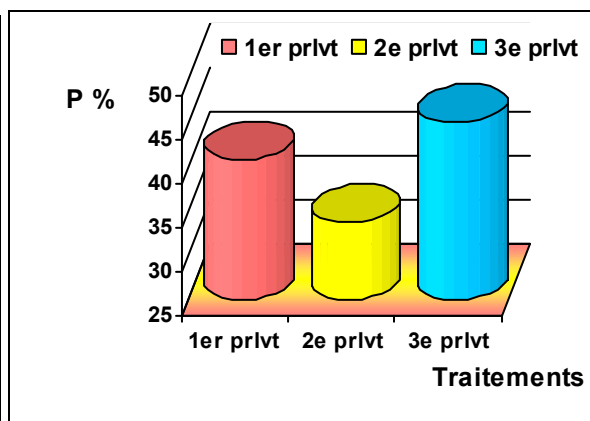


Figure n° 37.10 : Effet de la jachère nue/cultivateur à dents / sur l'évolution de la porosité totale.

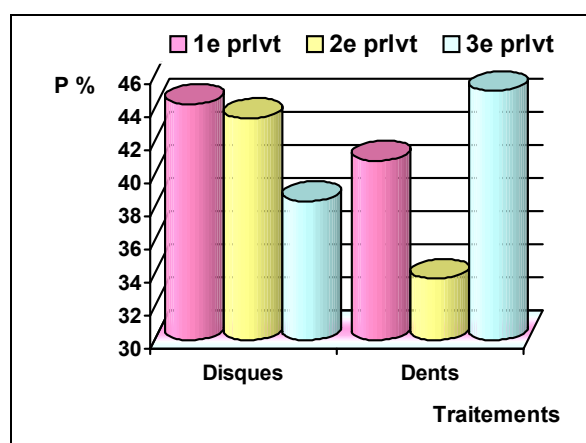


Figure n° 37.11 : La comparaison entre l'effet de pour la charrue à disques et le cultivateur à dents sur l'évolution de la porosité totale.

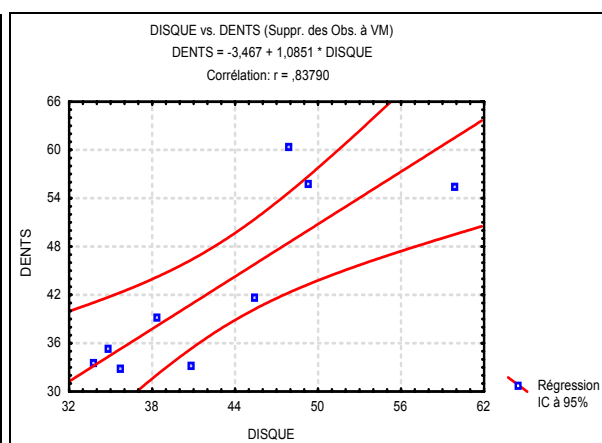


Figure n° 37.12 : Corrélation et régression de P % charrue à disques / cultivateur à dents.

Tableau n° 25.5 : Effet moyen principal d'interaction jachère nue/ outils/temps sur la variation de la porosité totale du sol.

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3	ppds
Chaumes	Disques	0.86	5.01	5.87	2.66
	Cultivateur	7.13	11.33	4.2	

t = 34 pour $\alpha = 10\%$

Tableau n° 25.6 : La comparaison d'effet moyen principal.

Dates de prélèvements		T1	T2	T3	Ppds
Jachère nue	Dis/ culti	3.42	9.69	6.65	2.66

t = 34 pour $\alpha = 10\%$

2- EFFET OUTILS/PRECEDENTS CULTURAUX SUR L'EVOLUTION DE LA POROSITE DU SOL

2.1- Effet charrue à disques/précédents cultureux sur l'évolution de la porosité du sol

Une analyse de variance a été effectuée pour déterminer l'aspect du labour avec une charrue à disques dans des parcelles ayant trois précédents cultureux différents (chaume de céréales, jachère travaillée et jachère nue) et de l'évolution de la porosité totale de l'horizon superficiel.

Les résultats obtenus montrent que la meilleure valeur de la porosité est enregistrée dans les parcelles mises en jachère travaillée avec une moyenne de 43.24% (**figure n° 37.13**) On remarque aussi quelles sont les seules parcelles qui affichent une évolution de l'espace poral dans le temps.

La plus faible valeur est enregistrée au niveau des parcelles mises en jachère nue avec une moyenne de 41.98 %. Ceci est traduit en premier lieu par l'effet de dégradation de la structure du sol de la jachère nue.

L'étude de l'effet principal des moyennes de l'interaction entre l'outil à disques et le précédent culturel (**tableau n°25.7**), ne montre aucune différence significative entre les valeurs enregistrées au premier et au deuxième prélèvement pour les trois précédents cultureux. Ceci est dû principalement à l'effet du précédent culturel utilisé. Par contre une différence significative est notée au niveau des combinaisons (T2-T3) et (T1-T3) ; ceci est traduit par l'effet du labour à long terme.

Le travail du sol avec la charrue à disques après la jachère travaillée permet de conserver un nombre de pores assez important et évolue dans le temps. Ce qui donne un horizon bien structuré riche en pores qui facilite le phénomène d'échange entre le sol et l'atmosphère et favorise ainsi un bon développement végétal.

2.2- Effet cultivateur à dents /précédents cultureux sur l'évolution de la porosité du sol

La **figure n° 37.14** indique que les parcelles mises en jachère travaillée sont les parcelles qui affichent les meilleures valeurs de la porosité totale de l'horizon labouré avec un cultivateur à dents avec une moyenne générale de 44.04%. En deuxième classe viennent les parcelles mises en jachère nue avec une moyenne générale de la porosité totale de 39.83% et en fin les parcelles couvertes par la chaume de céréales. Ceci est traduit par l'effet de l'interaction du précédent culturel et du cultivateur à dents qui agissent parallèlement sur

l'évolution de la porosité du sol. La jachère travaillée améliore mieux la structure du sol notamment la structure spatiale comparativement au deux autres précédents culturaux (chaume de céréales et la jachère nue).

Le **tableau n° 25.8** explique à un certain niveau, l'effet moyen principal des interactions. Ce tableau n'indique aucune différence significative entre (T1 - T2) et (T1 - T3) pour les parcelles ayant comme précédent cultural (chaume de céréales) d'un côté et entre (T1 - T2) pour les parcelles mise en jachère travaillée de l'autre.

On remarque qu'une différence significative est enregistrée avec cet outil pour tous les précédents culturaux durant la période (T2-T3). Elle est aussi significative pour la jachère nue durant toute la période.

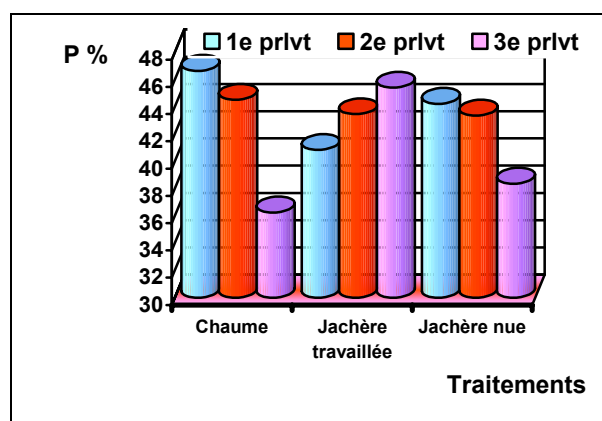


Figure n° 37.13 : Effet de la charrue à disques/ précédents culturaux/ sur l'évolution

de la porosité totale.

de la porosité totale.

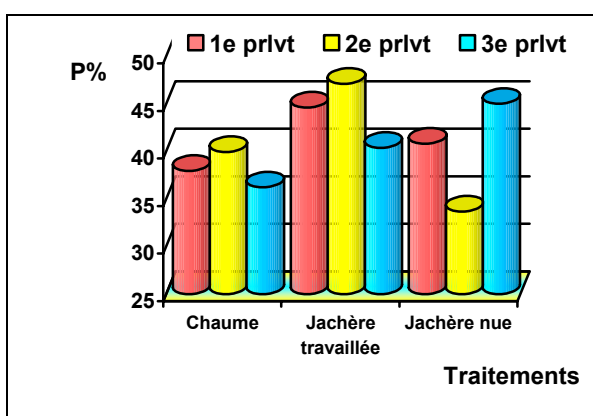


Figure n° 37.14 : Effet de cultivateur à dents/ précédents culturaux/ sur

de la porosité totale.

Tableau n° 25.7 : Effet moyen principal d'interaction charrue à disques/ précédents culturaux / temps sur la variation de la porosité du sol.

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3
Chaumes	Disques	2.12	8.28	10.4
Jachère travaillée	Disques	2.63	1.95	4.58
Jachère nue	Disques	0.86	5.01	5.87

Tableau n° 25.8 : Effet moyen principal d'interaction charrue à disques/ précédents Culturaux/ temps sur la porosité totale du sol

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3
Chaumes	Disques	1.99	3.73	1.74
Jachère travaillée	Disques	2.5	6.74	4.24
Jachère nue	Disques	7.13	11.33	4.2

CONCLUSION

Après l'étude de la structure du sol et plus précisément la porosité du sol nous venons de caractériser l'horizon labouré et étudier son évolution dans les différents précédents culturels labourés avec deux outils différents (charrue à disques et cultivateur à dents). Cette étude nous a permis d'évaluer différentes gammes de porosités sous l'influence de l'interaction entre ces deux facteurs étudiés dans le temps à savoir l'outil et le précédent culturel.

- **La jachère travaillée** se différencie par une porosité assez importante quelque soit l'outil de labour (charrue à disques ou à dents). Ce résultat explique le rôle de ce type de jachère dans l'amélioration de la structure du sol surtout après un labour avec une charrue à disques où ce dernier augmente progressivement la macroporosité surfacique du sol dans le temps et résiste mieux aux facteurs de dégradation (forte pluviométrie au troisième prélèvement). Cette résistance absente dans le cas d'un labour avec un cultivateur à dents où la structure spatiale sera détruite après une forte pluie.

- **Chaume de céréales** : selon l'outil de labour, on peut déterminer l'effet de ce précédent culturel.

Le sol couvert du chaume de céréales est un sol plus ou moins poreux. S'il est labouré avec un outil à disques, les pores sont réduits avec le temps surtout après une longue période. L'horizon labouré devient de plus en plus riche en particules fines qui constituent entre eux une chaîne de microporosité saturée facilement en eau et provoquent alors un tassement rapide du sol. Si le sol est travaillé avec un outil à dents, on note une amélioration assez importante de la structure du sol sous l'effet de l'interaction entre ces deux facteurs où le cultivateur au cours de son déplacement crée avec ses dents des lignes de labour profondes avec une porosité importante qui diminue au troisième prélèvement sous l'effet du climat.

- **La jachère nue** : quelque soit l'outil de labour (charrue à disques et cultivateur à dents), la jachère nue affiche des valeurs de la porosité totale du sol moins importantes. Comparativement à celles enregistrées sous l'effet de deux autres précédents culturels, on note que la jachère nue dégrade fortement la structure du sol et le labour ne peut pas corriger cette destruction où l'espace poreux diminue même après le labour.

Une analyse de variance a été réalisée pour déterminer l'effet de l'interaction entre le précédent cultural et l'outil utilisé pour le travail du sol sur la variation de la porosité du sol

dans le temps où on note un effet hautement significatif de l'interaction de ces facteurs entre eux au seuil de 10%.

Pour le volume des pores on peut penser finalement que l'action des précédents culturaux et des engins de labour sur l'évolution de l'espace poral est liée fortement aux conditions climatiques.

Tableau n° 25.9 : Analyse de la variance de la porosité totale du sol.

Source de la variation	ddl	Carré moyen
Totale	53	81.44 ^{ns}
Précédents culturaux (F1)	2	57.95*
-Le contraste	1	3.82 ^{ns}
Outils de labour (F2)	1	50.25 ^{ns}
Temps (F3)	2	25.03 ^{ns}
- Le contraste	1	45.38 ^{ns}
F1xF2xF3	4	73.69**
Blocs	2	1380.49***
Résiduelle	34	22.55

ns : effet non significatif,

* : Effet significatif au seuil 10%

** : Effet significatif au seuil 5 %

*** : Effet significatif au seuil 1 %

**** : Effet significatif au seuil 0.1%

Chapitre 2 : Etudes des paramètres hydrodynamique du sol.

I- Etude de la variation de la capacité de rétention en eau

Le comportement hydrodynamique d'un sol (Kribaa, 2003) est généralement montré par deux paramètres : la conductivité hydraulique et la courbe de rétention d'eau où la conductivité hydraulique explique le transfert de l'eau dans le sol. La courbe de rétention établit une relation entre la teneur en eau et l'état énergétique de l'eau dans le sol.

Dans ce travail, on va essayer d'étudier la variation de la courbe de rétention dans le temps sous l'effet de l'interaction de deux facteurs externes (précédents culturaux et outils de labour)

1- Effet précédents culturaux / outils de labour/ temps sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.

1.1- Effet chaume de céréales /outils /temps sur l'évolution de la capacité de rétention.

1.1.1- Effet chaume de céréales/ charrue à disques / temps sur l'évolution de la capacité de rétention.

La **figure n° 37.1** explique à un certain niveau la variation de la capacité de rétention en eau dans l'horizon labouré avec une charrue à disques sur un précédent cultural (chaume de céréales). Nous constatons d'après cette figure que la quantité d'eau retenue par le sol est liée fortement aux caractéristiques de l'espace poral du sol.

La figure indique aussi qu'il y a une diminution légère et successive de la quantité d'eau retenue par le sol durant les trois dates de prélèvement. Ceci est dû à la diminution de la porosité totale du sol où on note que les parcelles couvertes par la chaume de céréales affichent des valeurs des pores importantes. Celles ci diminuent progressivement après le labour avec l'outil à disques qui provoque un tassement rapide et intense du sol et réduit en parallèle les macros pores en micropores surtout au troisième prélèvement où on remarque une faible valeur de l'eau retenue dans le sol (25.31%).

Le **tableau n°26.1**, confirme ces résultats où aucune différence significative n'est enregistrée entre les valeurs obtenues à T1 et T2 et celles obtenues à T2 et T3. Ce qui explique l'absence de l'effet du changement du climat à courte durée sur la variation de la capacité de rétention en eau. Par contre à long terme 100jours, une différence significative est enregistrée au niveau des valeurs obtenues en T1 et T2.

1.1.2- Effet de chaume de céréales / cultivateur à 11 dents alourdi /temps sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.

La **figure n° 37.2** indique que la quantité d'eau retenue par le sol augmente à courte durée et diminue à longue durée. On remarque que le sol retient une faible quantité d'eau au premier prélèvement, ce qui est lié au faible volume poral enregistré sous l'effet de labour avec un outil à dents. Avec le temps, le volume poral augmente et favorise en parallèle une forte infiltration de l'eau où une forte activité hydraulique est enregistrée au niveau de l'horizon labouré qui affiche une valeur maximal de l'eau retenue (28.09%). Cette valeur diminue au troisième prélèvement sous l'effet de changement du climat où une forte pluviométrie est enregistrée durant la période qui s'étale entre T2 et T3 ; ce qui provoque une saturation du sol en eau et diminue en revanche sa capacité de rétention. Cette valeur reste plus importante que celle enregistrée au premier prélèvement.

Toutefois ces résultats sont confirmés dans **le tableau n° 26.1** où on remarque qu'il y a une différence significative entre les périodes de prélèvement (T1-T2) et (T2-T3) ; ce qui explique le changement de l'espace poral durant la période expérimentale. Une certaine homogénéité de l'espace poral dans l'horizon labouré entre T1 et T3 où aucune différence significative à été indiquée.

1.1.3- La comparaison

La comparaison entre l'effet de deux différents outils de labour (charrue à disques et cultivateur à 11 dents alourdi) sur la variation de la capacité de rétention de l'eau au niveau des parcelles ayant comme précédent cultural (chaume de céréales) donne des résultats présentés dans la **figure n° 37.3**.

L'observation de la figure indique que, l'horizon labouré retient des différents taux de l'eau selon l'outil utilisé pour le travail du sol et selon la période de prélèvement. Mais il sont plus importante pour les sols travaillés avec une charrue à disques quelque soit la date de prélèvement avec une moyenne générale de 26.70%.

Le sol labouré avec l'outil à disques conserve une quantité importante de l'eau au premier prélèvement (28.16%). Cette quantité n'est enregistrée au niveau des parcelles travaillées avec l'outil à dents qu'au deuxième prélèvement. Ce qui est expliqué par une faible évolution de l'espace poral dans ces parcelles.

La plus faible valeur est consigné au premier prélèvement pour les parcelles labourées avec l'outil à dents ; ce qui explique l'effet négatif de labour avec cet outil sur

l'évolution de l'espace porale du sol. Il va crée une dégradation de la structure spatiale du sol suivi par une diminution importante de la courbe de rétention de l'eau.

Le **tableau n°26.2** montre qu'il y a une différence significative enregistrée entre les valeurs obtenues sous l'effet de ces deux outils de labour (charrue à disques ou cultivateur à 11 dents alourdi) au premier prélèvement, ceci est due à l'effet de précédent cultural (chaume de céréales). Cette différence est non significative au deuxième et au troisième prélèvement. ces résultats sont confirmés par le test de corrélation où on note une faible corrélation positive liée l'effet de la charrue à disques et l'effet du cultivateur à dents sur la variation de la capacité de rétention en eau (**figure n°37.4**).

Après la récolte (2004/2005), les chaumes restent en surface des parcelles comme un écran anti-érosif dans le but de diminuer les ruissellements et de conserver le maximum d'humidité où le sol sera plus ou moins humide. Le labour dans ce cas ; a pour rôle de diminuer la structure du sol et réduire le volume poral, en parallèle la quantité d'eau retenue diminue avec le temps quelques soit l'outil utilisé pour le labour.

D'une manière générale ; les parcelles travaillées avec l'outil à dents sont les parcelles qui retiennent le maximum d'eau.

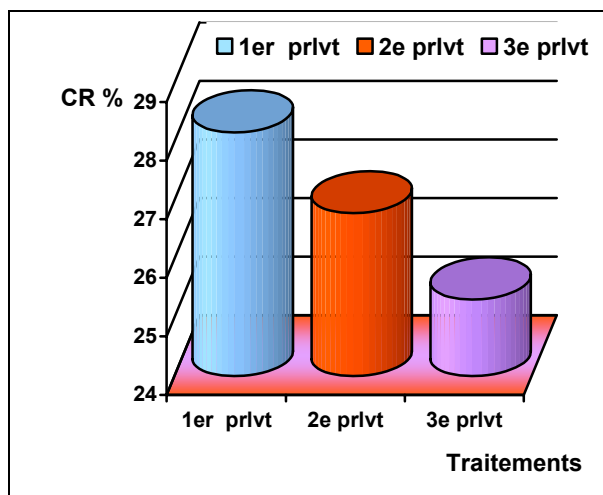


Figure n°37.1: Effet de la chaume/charrue à disques/ temps Sur l'évolution de la capacité de rétention

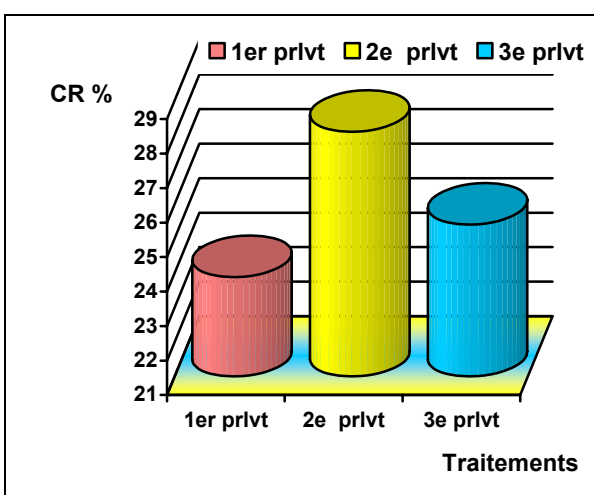


Figure n°37.2: Effet de la chaume /cultivateur à dents / temps Sur l'évolution de la capacité de rétention.

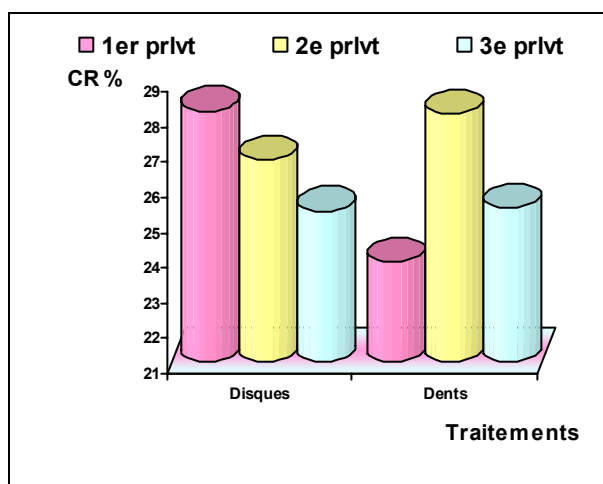


Figure n°37.3: Effet chaume de céréales /outils / temps sur l'évolution de la capacité de rétention.

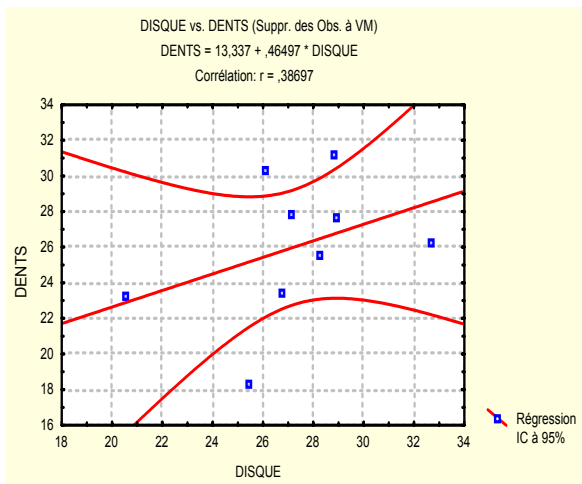


Figure n°37.4: corrélation et régression de CR% pour Charrue à disques / cultivateur.

Tableau n° 26.1: Effet moyen principal d'interaction chaume de céréales/ outils/temps sur la variation de la capacité de rétention en eau.

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3	ppds
Chaumes	Disques	1.38	1.47	2.85	1.83
	Cultivateur	4.21	2.69	1.52	

t = 34 pour $\alpha = 10\%$

Tableau n° 26.2: La comparaison d'effet moyen principal

Dates de prélèvements		T1	T2	T3	ppds
Chaumes	Dis/ culti	4.28	1.31	0.09	1.83

t = 34 pour $\alpha = 10\%$

1.2- Effet de la jachère travaillée /outils/ temps sur la variation de la capacité de rétention en eau.

1.2.1- Effet de la jachère travaillée /charrue à disques temps sur la variation de la capacité de rétention en eau.

On sait que la jachère travaillée est une ancienne méthode utilisée dans le but de diminuer l'effet de l'érosion hydrique en saison pluviale et d'emmagasiner dans les horizons profonds du sol, les eaux de pluies pour assurer une bonne alimentation en eau pour la culture prochaine. Dans cette partie nous nous essayons de déterminer l'effet de l'interaction entre ce précédent cultural et un labour qui le suit avec une charrue à disques sur la variation de la quantité d'eau retenue par l'horizon de surface avec le temps.

Les résultats obtenus sont résumés dans la **figure n° 37.5** où on remarque que l'horizon labouré retient un taux assez important après une courte durée qui suite le labour (T1) c'est-à-dire une moyenne de 27.42% de l'eau arrive au sol est retenue dans la couche superficielle juste après trois jours du labour ce qui explique l'effet positif de la jachère travaillée sur l'amélioration de la structure du sol notamment la porosité qui évolue ainsi après le labour avec l'outils à disques où il va crée avec ses disques au cour de son retournement du sol une couche labourée plus en plus poreux ce qui donne au sol une capacité de rétention assez importante. Une évolution dans l'espace poral à provoqué une faible augmentation de la quantité d'eau retenue par le sol au deuxième prélèvement (T2) ce qui à provoqué un phénomène de saturation, où les pores en conditions humides sont remplis en eau et le potentiel des forces qui exercent sur les molécules d'eaux se réduit en un seul potentiel appelé potentiel de NEWTONIEN, le sol alors ne peut retenir qu'une faible quantité d'eau 27.45%.

Au troisième prélèvement, la capacité de rétention diminue progressivement pour atteindre une moyenne de 25.85% ; ceci est expliqué aussi par la saturation du sol en eau.

D'une manière générale ; le labour avec la charrue à disques après une période de jachère travaillée n'agit pas fortement sur la capacité de l'horizon de surface pour retenir de l'eau. Il est agit sur l'évolution de l'espace poral du sol où l'horizon labouré constituées des mottes plus ou moins fragmentées sous l'effet des disques. Le sol alors riche en terre fine, donc la porosité sera réduite de macroporosité en microporosité. Ceci est confirmé dans le **tableau n°26.3** où aucune différence significative n'est enregistrée entre les valeurs obtenues durant les trois dates de prélèvement.

1.2.2- Effet de la jachère travaillée /cultivateur à dents/ temps sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.

La quantité d'eau retenue par l'horizon de surface d'après notre expérimentation diminue successivement durant les trois dates de prélèvement (**figure n° 37.6**). On note une valeur maximale au premier prélèvement 26.06% qui va diminuer au cours du temps pour atteindre une valeur de 24.46% au troisième prélèvement. Cette diminution est due à l'effet temps où la quantité d'eau provenant des pluies a régressé progressivement dans le sol, ce dernier conserve un volume d'eau varié selon sa texture et la quantité d'eau ressuée librement. Dans ces conditions, les pores sont saturés en eau. La structure du sol va se dégrader sous l'action du labour et la macroporosité sera réduite en micropores caractérisant les mottes à petite taille. Ces pores ne peuvent retenir qu'une faible quantité d'eau qui diminue avec le temps.

La jachère travaillée est pratiquée dans le but d'améliorer l'espace poral du sol et d'emmagasiner le maximum de l'eau durant la période de la jachère. Le labour avec le cultivateur à dent vient de contrevenir cette règle où la quantité d'eau capable d'être réservée par l'horizon labouré diminue avec le temps ; ce qui explique l'effet négatif de labour avec un outil à dents sur la capacité de rétention en eau notamment en conditions humides.

Ces résultats confirmés à partir du **tableau n°26.3** où aucune différence significative n'est enregistrée au niveau des valeurs obtenues durant les trois prélèvements.

1.2.3-La comparaison.

Notre objectif est de comparer l'effet de deux outils de labour (charrue à disques et cultivateur à 11 dents alourdi) après le même précédent cultural (jachère travaillée) sur la variation de la capacité de rétention en eau dans l'horizon de surface. Les résultats obtenus sont présentés dans la **figure n°37.7**.

La figure montre que les parcelles labourées avec l'outil à disques sont les parcelles qui retiennent une quantité importante d'eau quelque soit la date de prélèvement.

La quantité d'eau retenue dans les parcelles ayant la jachère travaillée comme précédent cultural et labourées avec la charrue à disques est de 26.9%, par contre elle est de 25.17% pour celles labourées avec un cultivateur à 11 dents alourdi.

La diminution de la capacité de rétention en eau caractérisant tous les traitements quelque soit l'outil de labour et elle est liée fortement au changement climatique (forte pluviométrie) qui provoque un changement de la structure du sol notamment le mode

d'assemblage des constituants du sol où sous une forte humidité, le sol sera déstructuré les particules solides deviennent de plus en plus fines sous l'effet de choc des pluies. Ces particules sont souvent soudées entre elles sous forme d'une prise en masse qui ne retient qu'une faible quantité d'eau.

L'étude de l'effet moyen principal (**tableau n°26.4**), montre qu'il y a une différence significative entre les valeurs de la capacité de rétention en eau enregistrées soit sous l'effet de la charrue à disques soit sous l'effet d'un cultivateur à 11 dents au deuxième prélèvement. Au premier et au troisième prélèvement aucune différence significative n'est enregistrée entre l'effet de ces deux outils de labour ; ce qui confirme les résultats ci-dessus.

Un test de corrélation confirme en plus ce qui déterminer au par avant où on note une forte corrélation positive est enregistrée entre les valeurs de la capacité de rétention en eau obtenue sous l'action de ces deux outils de travail du sol (**figure n°37.8**).

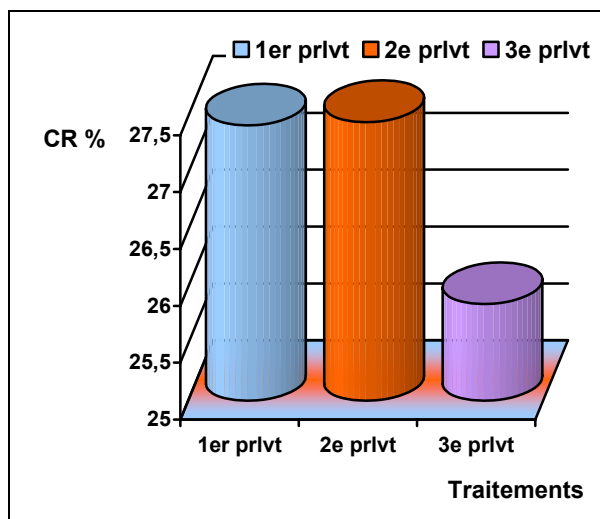


Figure n°37.5 : Effet de la jachère travaillée / Charrue à disques / temps sur la variation de la capacité de rétention en eau.

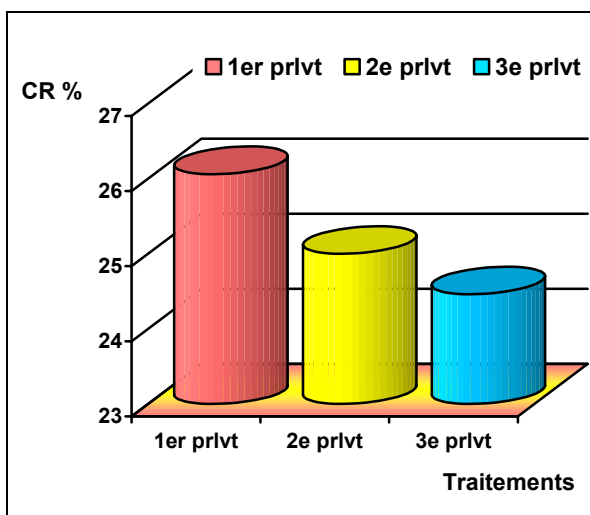


Figure n°37.6: Effet de la jachère travaillée/ cultivateur à dents/ temps sur la variation de la capacité de rétention en eau.

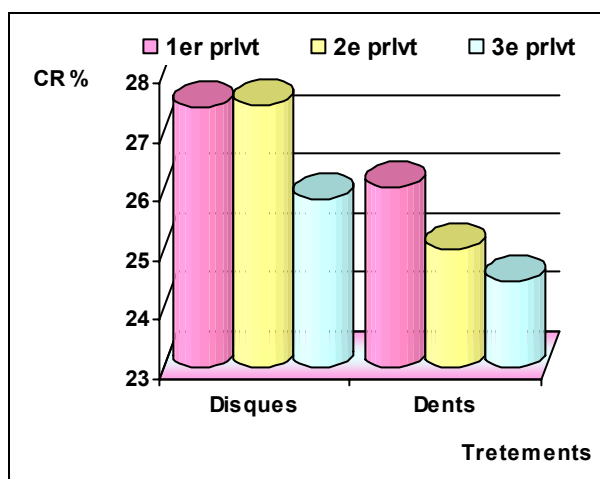


Figure n°37.7: Effet de la jachère travaillée /outils/ temps sur la variation de la capacité de rétention en eau.

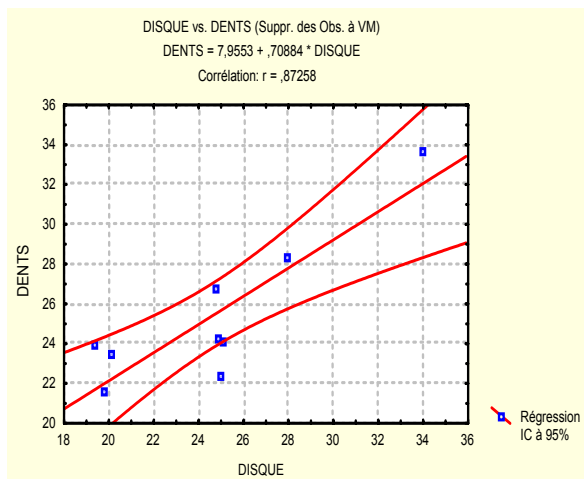


Figure n°36.8: corrélation et régression de CR% pour Charrue à disques / cultivateur à dents.

Tableau n° 26.3 : Effet moyen principal d'interaction jachère travaillée/ outils/temps sur la variation de la capacité de rétention en eau.

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3	ppds
Jachère travaillée	Disques	0.03	1.6	1.57	1.83
	Cultivateur	1.06	0.54	1.6	

t = 34 pour $\alpha = 10\%$

Tableau n° 26.4 : La comparaison d'effet moyen principal

Dates de prélèvements		T1	T2	T3	ppds
Jachère travaillée	Dis/ culti	1.36	2.45	1.39	1.83

t = 34 pour $\alpha = 10\%$

1.3 - Effet de la jachère nue/ outils/ temps sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.

1.3.1- Effet de la jachère nue /charrue à disques/ temps sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.

Dans le domaine de la rétention d'eau, nous venons de déterminer sous l'effet d'une pratique de la jachère nue pendant une année (2004/2005) suivi par un labour avant le semis pour l'année agricole (2005/2006) avec une charrue à disques, la variation de la quantité d'eau retenue par le sol dans le temps.

Dans la **figure n°37.9**, on constate que les parcelles mises en jachère nue et labourées ensuite avec un outil à disques retient une quantité importante d'eau au premier prélèvement ; ce qui explique l'effet positif de la jachère nue sur la rétention de l'horizon travaillé d'une quantité importante d'eau même après le labour. Le labour agit sur la capacité de rétention en eau soit positivement à courte durée ce qui est montré au par avant soit négativement à longue durée comme il se présente dans la **figure n°37.9**. On remarque une diminution agressive de la quantité d'eau retenue par l'horizon labouré pour arriver à une valeur de 24.29% au deuxième prélèvement. Cette quantité contenue à diminue mais moins agressive pour atteindre la valeur de 23.66% au troisième prélèvement. Ceci se traduit par l'effet nocif du temps en relation avec le labour sur la variation des caractéristiques hydrodynamiques du sol.

L'étude qui a été menée concernant l'effet de la combinaison jachère nue / labour avec une charrue à disques sur l'évolution de l'espace poral de l'horizon de surface dans le temps montre qu'il y a une diminution successive de son volume poral après les trois prélèvements où le sol durant la période de la jachère est exposé à l'air libre et au phénomène de dégradation (érosion éolienne et hydrique). Ce qui donne une porosité surfacique assez importante ; ceci active le phénomène de rétention de l'eau dans le sol.

Le labour avec la charrue à disques qui suit la jachère nue augmente la destruction de l'horizon avec une fragmentation intense des mottes pour les transformes en terre fine sous l'action des disques et diminue parallèlement la porosité du sol qui est saturé facilement en eau au point où le sol ne peut retenir qu'une faible quantité d'eau. Cette diminution augmente avec le temps

L'observation du **tableau n°26.5** résume tous ces résultats où on remarque une différence significative entre les valeurs enregistrées au niveau des combinaisons (T1-T2) et (T1-T3). Aucune différence significative n'est enregistrée entre les valeurs notées au deuxième et au troisième prélèvement (T2-T3).

1.3.2- Effet de la jachère nue /cultivateur à dents sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.

Une analyse statistique a été réalisée pour déterminer la variation de la capacité de rétention en eau sous l'effet de l'interaction d'une jachère nue avec un labour avec un cultivateur à 11 dents alourdi. Les résultats obtenus sont présentés dans la **figure n° 37.10**.

La première observation de cette figure montre que l'eau retenue par le sol diminue avec le temps mais moins sévère que les résultats obtenus sous l'effet de l'outil à disques. La meilleure valeur est notée au premier prélèvement (27.87%) puis elle diminue pour atteindre une valeur de 24.29 et 23.66% au deuxième et troisième prélèvement. Ceci est due certainement à l'effet du précédent cultural où le sol mis en jachère nue est un sol mal structuré qui perd facilement ses caractéristiques sous l'action des facteurs dégradants (érosion hydrique).

Le labour qui suit la jachère nue est un facteur dégradant plus qu'il est améliorant de la structure du sol. La porosité de surface sera réduite avec le temps. Les pores dans ce cas sont facilement engorgés en eau et retiennent en parallèle une quantité importante d'eau. Cette quantité diminuée avec le temps.

Dans le **tableau n°26.5** on remarque une différence significative entre les périodes de prélèvement (T1-T2) et (T1-T3). Pour les valeurs obtenues de la capacité de rétention enregistrées au niveau des parcelles mises en jachère nue et labourées en suite avec un cultivateur à 11 dents alourdi, aucune différence significative n'est notée entre (T2-T3) ; ce qui confirme les résultats étudiés.

1.3.3- La comparaison.

La comparaison entre l'effet d'un outil à dents et d'un outil à disques avec un même précédent cultural (jachère nue) sur la variation de la capacité de rétention en eau dans le temps, donne des résultats que résume la **figure n° 37.11**.

Cette figure indique que les parcelles labourées avec un cultivateur à dents sont les parcelles qui conservent le maximum d'eau avec une moyenne générale de (25.27%) ; comparativement aux parcelles travaillées avec la charrue à disques qui ne peuvent retenir que 24%.

L'analyse de cette figure montre que deux valeurs très proches de la capacité de rétention sont enregistrées au premier prélèvement pour les parcelles travaillées soit avec un outil à dent soit avec un outil à disques. Une diminution progressive est enregistrée au niveau de ces parcelles pendant les deux derniers prélèvements (T2 et T3). Cette diminution

est plus importante pour les parcelles labourées avec la charrue à disques. Le labour provoque une véritable fragmentation des mottes et les transforment en mottes de petites tailles facilement émiettées avec le temps sous l'action des pluies. Ce phénomène provoque un tassement rapide du sol avec une réduction de l'espace poral, ce qui explique les faibles valeurs de la capacité de rétention obtenues.

Pour les parcelles travaillées avec le cultivateur à dent ; c'est le précédent cultural qui agit en relation avec les conditions climatiques sur la diminution de la quantité d'eau retenue par le sol.

Une différence significative est enregistrée entre l'effet de ces deux outils de labour (charrue à disques et cultivateur à 11 dents alourdi) sur la variation de capacité de rétention en eau au troisième prélèvement. Cette différence est non significative au premier et au deuxième prélèvement (**tableau n°26.6**).

Le test de corrélation confirme à un certain niveau ces résultats où on note une faible corrélation positive entre les valeurs obtenues sous l'effet de ces deux outils de labour (**figure n°37.12**).

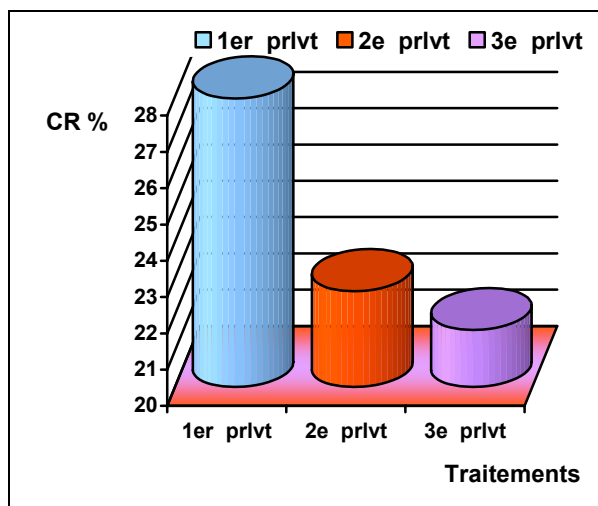


Figure n°37.9: Effet de la jachère nue/charrue à Disques / temps sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.

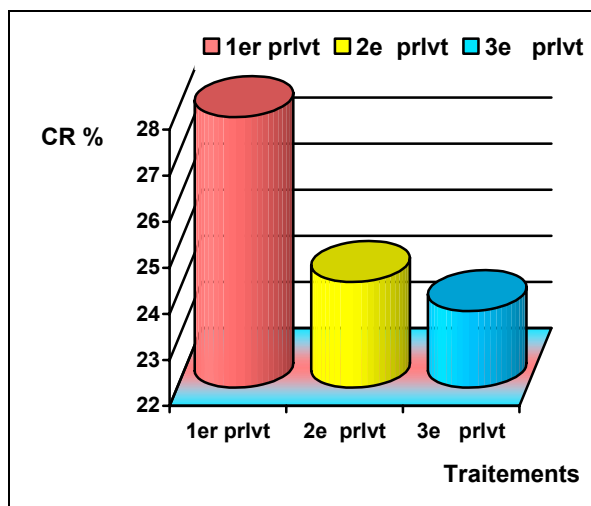


Figure n°37.10: Effet de la jachère nue/ cultivateur à dents sur l'évolution de la capacité de Rétention en eau.

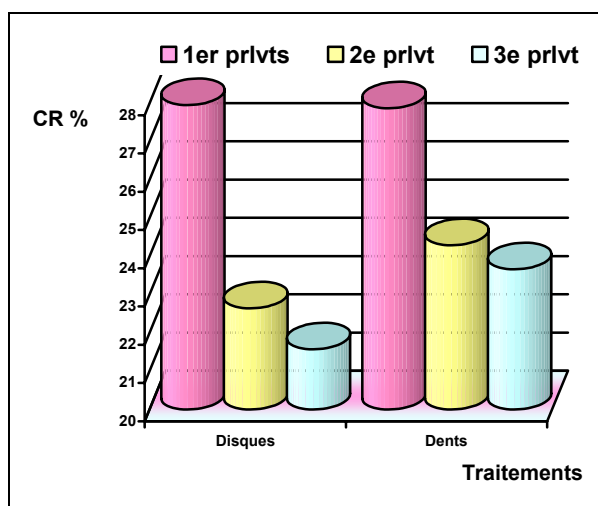


Figure n°37.11: Effet de la jachère nue/ outils/ temps sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.

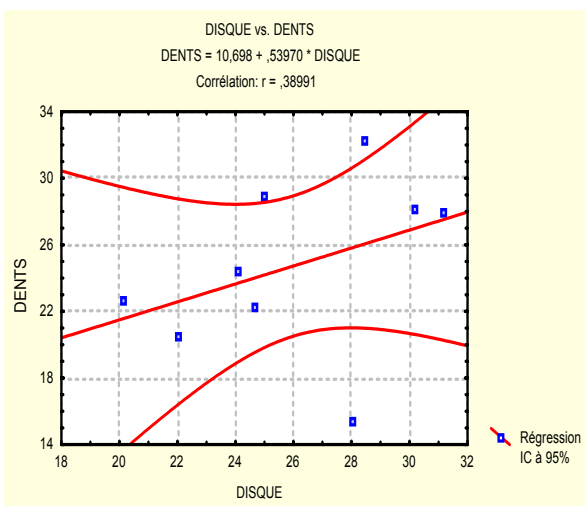


Figure n°37.12:Corrélation et régression de CR% pour Charrue à disques / cultivateur à dents.

Tableau n°26.5: Effet moyen principal d'interaction jachère nue/ outils/temps sur la variation de la capacité de rétention en eau.

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3	ppds
Jachère nue	Disques	5.31	1.07	6.38	1.83
	cultivateur	3.58	0.63	4.21	

t = 34 pour $\alpha = 10\%$

Tableau n°26.6 : La comparaison d'effet moyen principal

Dates de prélèvements		T1	T2	T3	ppds
Jachère nue	Dis/ culti	0.08	1.65	2.09	1.83

t = 34 pour $\alpha = 10\%$

2- Effet outils/précédents cultureux sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.

2.1- Effet charrue à disques/précédents cultureux sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.

Une analyse de variance est menée pour déterminer l'effet de labour avec une charrue à disques dans des parcelles mises en trois précédents cultureux différents (chaume de céréales, jachère travaillée et jachère nue) sur l'évolution de la courbe de rétention en eau dans l'horizon superficiel.

Les résultats obtenus montrent que les meilleures valeurs de la quantité d'eau retenue par le sol sont enregistrées au niveau des parcelles mises en jachère travaillée en première classe avec une moyenne générale de 27%, puis les parcelles couvertes par une couche de chaume de céréales en deuxième classe avec une moyenne de 26.76% et en dernière classe arrivent les parcelles mises en jachère nue avec une moyenne de (24.05%) (**Figure n° 37.13**).

Cette figure indique que quelque soit le précédent culturel pratiqué le volume d'eau retenue par le sol diminue avec le temps ; ce qui explique l'effet principal du temps sur la variation et la distribution de l'eau dans le sol en relation avec le travail du sol.

L'étude de l'effet principal des moyennes de l'interaction outil à disques et précédent culturel (**tableau n° 26.7**) ne montre aucune différence significative enregistrée entre les valeurs notées au deuxième et au troisième prélèvement pour les trois précédents cultureux. Ceci est dû principalement à l'effet temps. Une différence significative est enregistrée au niveau des combinaisons (T1-T2) pour les traitements avec jachère nue, entre (T1-T3) pour les traitements avec chaume de céréales et jachère nue ; ceci est traduit par l'effet de labour à long terme.

En conclusion le travail du sol avec la charrue à disques après la jachère travaillée permet de conserver une quantité assez importante d'eau même si elle diminue avec le temps.

2.2- Effet cultivateur à dents /précédents cultureux sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.

La figure n° 37.14 indique que les parcelles couvertes de chaume de céréales et celles mises en jachère travaillée sont les parcelles qui retiennent des quantités importantes de l'eau. Ceci se traduit par l'effet du précédent culturel en premier lieu puis l'effet du labour avec le cultivateur qui agit fortement sur la rétention en eau dans les parcelles couvertes par la chaume.

Au troisième prélèvement, le volume d'eau conservé dans le sol diminue pour toutes les parcelles de l'expérimentation quelque soit le précédent cultural. Ceci est traduit par l'action du temps qui provoque, à longue durée et en conditions humides, une saturation rapide du sol en eau et diminue parallèlement ses rétentions en eau.

Le **tableau n°26.8**, explique à un certain niveau l'effet moyen principal de l'interaction entre les facteurs étudiés

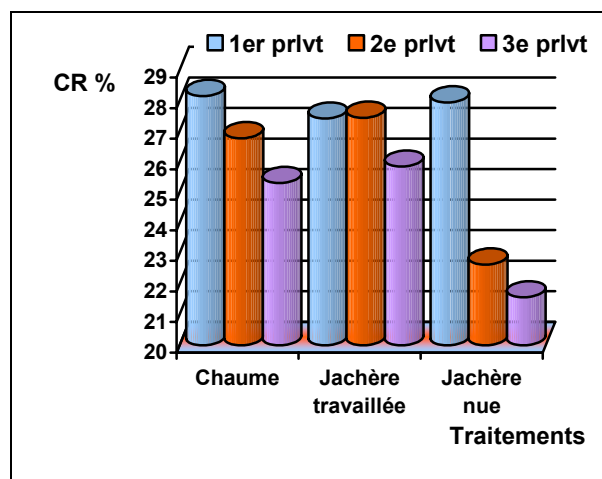


Figure n°3.13: Effet charrue à disques précédents culturaux sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.

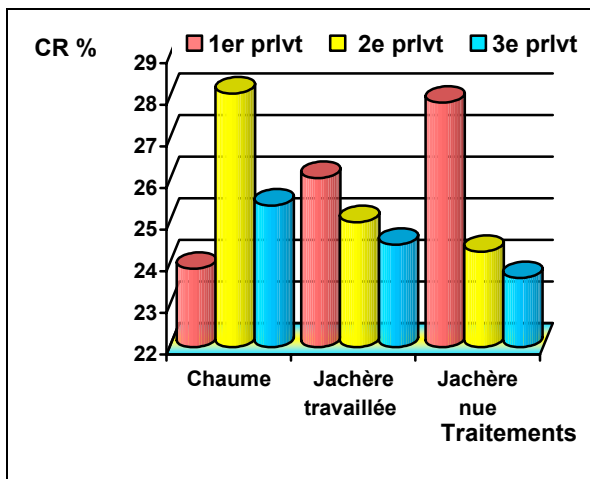


Figure n°37.14 : Effet cultivateur à dents / précédents culturaux sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.

Tableau n°26.7 : Effet moyen principal d'interaction charrue à disques/ précédents culturaux sur l'évolution de la capacité de rétention

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3
Chaumes	Disques	1.38	1.47	2.85
Jachère travaillée	Disques	0.03	1.6	1.57
Jachère nue	Disques	5.31	1.07	6.38

Tableau n° 26.8 : Effet moyen principal d'interaction cultivateur à dents/ précédents culturaux sur l'évolution de la capacité de rétention en eau.

		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3
Chaumes	Cultivateur	4.21	2.69	1.52
Jachère travaillée	Cultivateur	1.06	0.54	1.6
Jachère nue	cultivateur	3.58	0.63	4.21

Conclusion

Dans cette étude, nous avons caractérisé les paramètres hydriques de l'horizon superficiel en fonction de l'espace poral de cet horizon et son effet sur la capacité de rétention en eau. Nous avons aussi montré une individualisation des pratiques de la jachère dans l'influence sur le comportement hydrodynamique du sol.

La pratique de la jachère travaillée crée une porosité totale importante qui évolue ou diminue avec le temps sous l'action du labour et le changement saisonnier du climat (humidité, sécheresse). Cette variation est responsable de transfert hydrique dans le sol où on note que les parcelles mises en jachère travaillée pendant la campagne agricole (2004/2005) et labourées en suite avec une charrue à disques sont les parcelles qui conservent une quantité importante d'eau avec le temps comparativement aux autres traitements.

En conclusion l'analyse de variance montre qu'il y a un effet significatif de l'interaction de ces trois facteurs étudiés (précédent cultural/ outils de labour/ temps de prélèvement) sur la variation de la courbe de rétention en eau.

Tableau n° 26.9: Analyse de la variance de la capacité de rétention en eau.

Source de la variation	ddl	Carré moyen
Totale	53	16.10 ^{ns}
Précédents culturaux (F1)	2	13.61 ^{ns}
-Le contraste	1	23.28 ^{ns}
Outils de labour (F2)	1	3.25 ^{ns}
Temps (F3)	2	28.50*
- le contraste	1	56.93**
F1xF2xF3	4	4.38 ^{ns}
Blocs	2	145.03**
Résiduelle	34	10.65

ns : effet non significatif,

* : Effet significatif au seuil 10%

** : Effet significatif au seuil 5 %

*** : Effet significatif au seuil 1 %

**** : Effet significatif au seuil 0.1%

II- Etude de la variation de l'humidité du sol au pF4.2

1- Effet précédent cultural / outil de labour sur la variation dans le temps de l'humidité du sol au pF4.2

1.1- Effet chaume de céréales /outils /temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.

1.1.1- Effet chaume de céréales/ charrue à disques / temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.

Une analyse statistique est réalisée pour déterminer l'effet de l'interaction entre ces facteurs sur la variation de l'humidité due au pF4.2. Les résultats obtenus sont présentés dans la **figure n° 38.1** où on remarque une diminution successive de la teneur du sol en eau. Cette diminution explique la relation entre la capacité de rétention en eau et l'humidité du sol au pF4.2.

Les résultats du **tableau n° 27.1** confirment ces résultats où aucune différence significative est enregistrée entre les valeurs de l'humidité obtenues à T1 et T2 et celles obtenues à T2 et T3. Ce qui explique l'absence de l'effet de changement du climat sur la teneur du sol en eau. Entre T1 et T3, une différence significative est enregistrée au niveau des valeurs de l'humidité du sol au pF4.2.

1.1.2- Effet de chaume de céréales / cultivateur à dents /temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.

La **figure n° 38.2** explique la variation de la teneur de l'horizon superficiel en eau sous l'action de ces trois facteurs. Une faible humidité est enregistrée au premier prélèvement ; ceci est dû au phénomène d'évapotranspiration après le labour, qui diminue l'humidité du sol. Cette valeur augmente au deuxième prélèvement pour atteindre une valeur de 14.46% sous l'effet de changement climatique notamment la pluviométrie.

Cette valeur diminue au troisième prélèvement ; ceci est dû à l'augmentation des phénomènes d'échange entre le sol et l'atmosphère (évapotranspiration et infiltration).

Ces résultats sont confirmés à partir du **tableau n°27.1** où on remarque une différence significative entre les périodes de prélèvements (T1-T2) et (T2-T3) ; ce qui affirme l'effet du temps sur la variation de la teneur du sol en eau. Une certaine homogénéité est enregistrée entre les valeurs prélevées au premier et au troisième échantillon. Ceci est montré dans le tableau 25 par une absence de différence significative entre ces valeurs.

1.1.3- La comparaison

La comparaison entre l'effet des deux outils de labour l'un à disques et l'autre à dents sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2 nous donne des résultats présentés dans la **figure n° 38.3**. Cette dernière indique que l'horizon labouré est plus humide sous l'effet de labour avec la charrue à disques avec une moyenne générale de 14.44% comparativement celui enregistré sous l'effet de l'outil à dents avec une moyenne de 13.92%.

Le sol labouré avec l'outil à disques donne un volume d'humidité important au premier prélèvement (15.21%). Cette quantité n'est enregistrée au niveau des parcelles travaillées avec l'outil à dents qu'après 50 jours (T2). Ceci se traduit par l'effet du labour en relation avec le temps. La plus faible valeur est enregistrée au premier prélèvement pour les parcelles labourées avec l'outil à dents où le sol labouré est plus exposé au phénomène d'échange entre le sol et l'atmosphère. Une quantité importante d'eau sera évaporée ce qui explique la diminution de l'humidité du sol.

Le **tableau n° 27.2** montre qu'il y a une différence significative entre les valeurs obtenues de l'humidité du sol sous l'effet de ces deux outils de labour (charrue à disques ou cultivateur à dents) au premier prélèvement, au cours du temps (T2 et T3) aucune différence significative est enregistrée entre l'effet de ces deux outils de labour sur la variation de l'humidité du sol au pF2.4 . Ces résultats peuvent être expliqués par l'effet du temps (changement du climat).

Le test de corrélation montre qu'il y a une faible corrélation positive entre les valeurs d'humidité enregistrées sous l'action d'un labour avec une charrue à disques et celles enregistrées sous l'effet d'un labour avec un outil à dents (**figure n°38.4**).

D'une manière générale les parcelles travaillées avec l'outil à disques sont les parcelles qui conservent un taux d'humidité assez important.

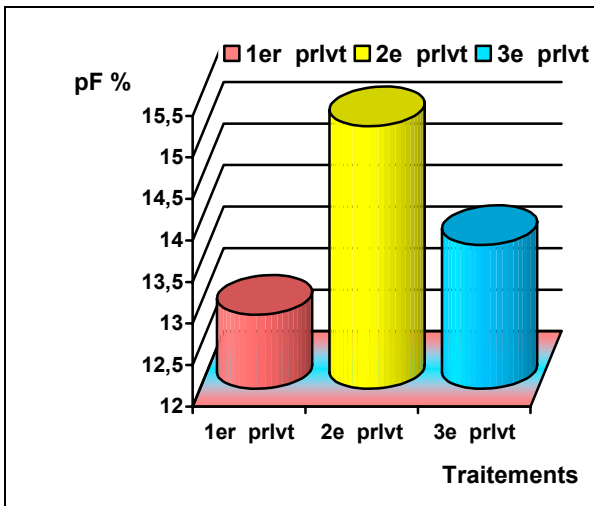
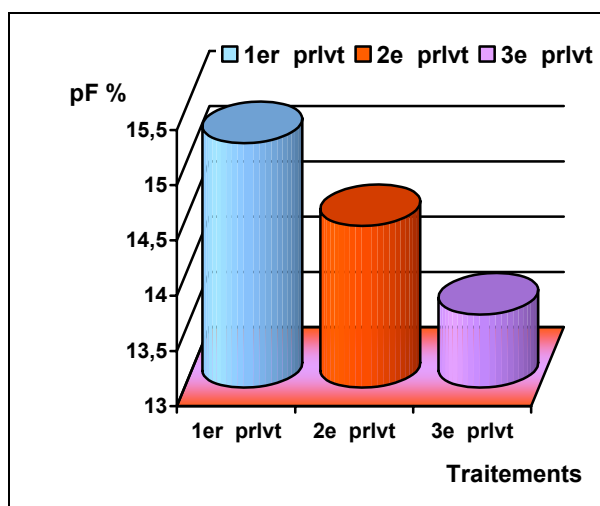


Figure n°38.1: Effet de la chaume /charrue à disques /temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2. /temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.

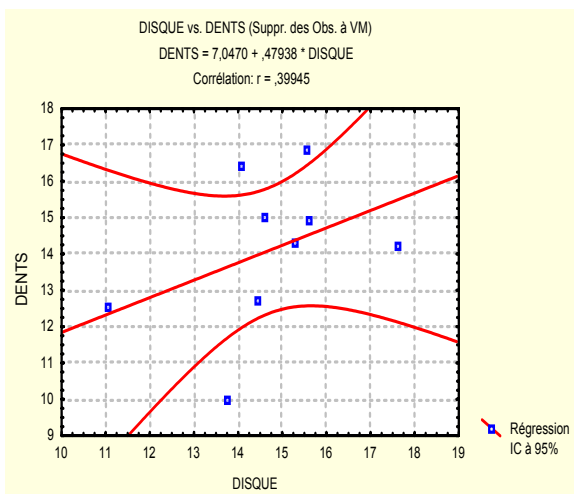
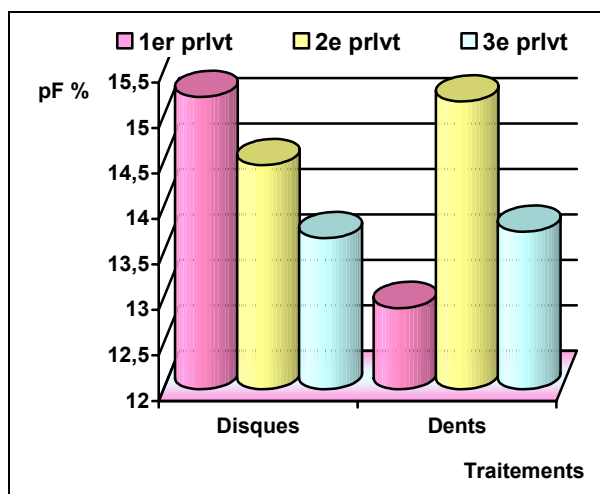


Figure n° 38.3: Effet chaume de céréales /outils / temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2. Figure n°38.4: corrélation et régression de pF4.2 pour charrue à disques / cultivateur à dents.

Tableau n°27.1 : Effet moyen principal d'interaction chaumes/ outils/temps sur la variation de l'humidité du sol.

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3	Ppds
Chaumes	Disques	0.75	0.8	1.55	0.99
	Cultivateur	2.27	1.43	0.84	

t = 34 pour $\alpha = 10\%$

Tableau n° 27.2: La comparaison d'effet moyen principal

Dates de prélèvements		T1	T2	T3	ppds
Chaumes	Dis/ culti	2.32	0.7	0.07	0.99

t = 34 pour $\alpha = 10\%$

1.2- Effet de la jachère travaillée /outils/temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.

1.2.1- Effet de la jachère travaillée /charrue à disques/temps sur l'évolution de l'humidité du sol au pF4.2.

On remarque dans la **figure n° 38.5** que l'horizon labouré conserve un taux important d'humidité sur une période de 50 jours. On note une moyenne de 14.8% enregistrée au premier prélèvement et 14.82% enregistrée au deuxième prélèvement ; ce qui explique le rôle positif de la jachère travaillée dans la conservation de l'humidité du sol. Même après le labour, la charrue à disques au cours de son retournement du sol ; donne une nouvelle couche labourée plus en plus poreuse ; ce qui donne au sol un pouvoir pour retenir le maximum d'eau.

Au troisième prélèvement, l'humidité du sol diminue pour afficher une moyenne de 13.96% de l'humidité totale du sol.

D'une manière générale le labour avec la charrue à disques après la jachère travaillée n'agit fortement sur la variation de l'humidité du sol qu'après une longue durée 100jours. Ceci est confirmé dans le **tableau n°27.3** où aucune différence significative n'est enregistrée entre les valeurs obtenues durant les trois dates de prélèvement.

1.2.2- Effet de la jachère travaillée /cultivateur à dents/temps sur la variation de l'humidité du sol du sol au pF4.2.

La teneur de l'horizon de surface en eau d'après cette expérimentation diminue successivement durant les trois dates de prélèvement. On note une valeur maximale au premier prélèvement 14.07% qui va diminuer au cours du temps pour afficher une valeur de 13.21% au troisième prélèvement. Ceci est traduit par l'effet du temps en relation avec le labour avec le cultivateur à dents qui va créer une porosité importante dans la profondeur du sol. Cette porosité joue un grand rôle avec le temps dans l'augmentation du phénomène d'infiltration de l'eau vers les horizons profonds. En parallèle l'effet évapotranspiration provoque une diminution de l'humidité de la couche labourée (**figure n° 38.6**).

Les résultats du **tableau n°27.3** n'affichent aucune différence significative au niveau des valeurs obtenues aux trois prélèvements sous l'effet de l'interaction de la jachère travaillée et du labour avec le cultivateur à dents.

1.2.3-La comparaison.

L'effet de ces deux outils de labour (charrue à disques et cultivateur à 11 dents alourdi) après le même précédent cultural (jachère travaillée) sur la variation de l'humidité de l'horizon de surface, est illustré par les résultats obtenus et résumés dans la **figure n°38.7**. Cette figure montre que les parcelles labourées avec la charrue à disques sont les parcelles qui affichent une valeur importante d'humidité même s'il y a une diminution avec le temps et quelque soit la date de prélèvement avec une moyenne générale de 14.52%. Comparativement aux quantités conservées dans les parcelles travaillées avec le cultivateur à dents qui affichent une moyenne de 13.59%.

La diminution de l'humidité du sol caractérise tous les traitements quelque soit l'outil de labour. Elle est liée fortement au fonctionnement de phénomène d'échange entre l'horizon labouré et l'atmosphère. Cette liaison est due aux conditions du climat (température, vitesse du vent et pluviométrie).

L'étude de l'effet moyen principal montre qu'il y a une différence significative entre les valeurs enregistrées au premier et au troisième prélèvement, soit sous l'effet de la charrue à disques soit sous l'effet d'un cultivateur à dents (**tableau n°27.4**).

Une différence non significative est enregistrée au niveau de ces traitements au deuxième prélèvement.

Un test de corrélation confirme en plus ces résultats où on note une forte corrélation positive enregistrée entre les valeurs de l'humidité du sol sous l'action de ces deux outils de travail du sol (**figure n°38.8**).

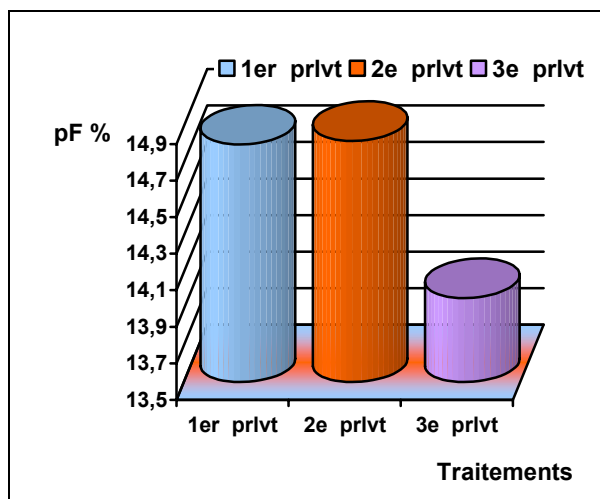


Figure n°38.5: Effet de la jachère travaillée / charrue à disques/temps sur l'évolution de l'humidité du sol au pF4.2.

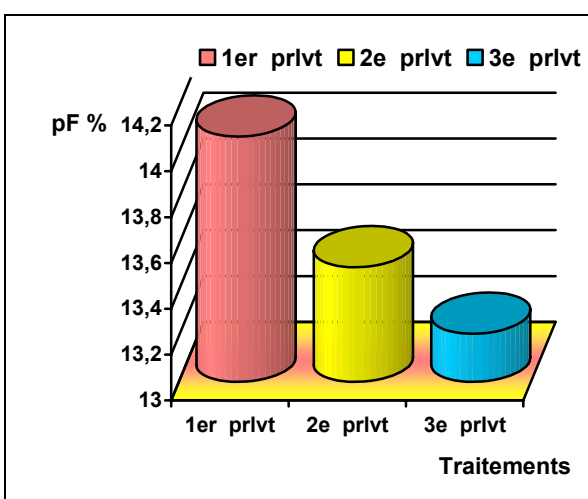


Figure n°38.6: Effet de la jachère travaillée/ cultivateur à dents/ temps sur l'évolution de l'humidité du sol au pF4.2.

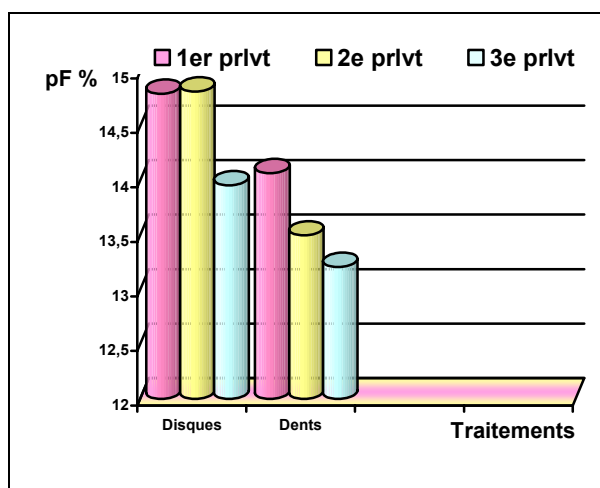


Figure n°38.7: Effet de la jachère travaillée /outils pour /temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.

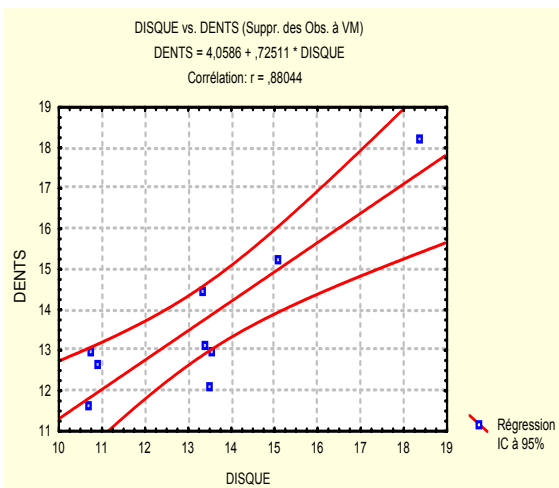


Figure n°36.8: corrélation et régression de pF4.2 charrue à disques / cultivateur à dents.

Tableau n° 27.3 : Effet moyen principal d'interaction jachère travaillée/ outils/temps sur la variation de l'humidité du sol.

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3	Ppds
Jachère travaillée	Disques	0.02	0.86	0.84	0.99
	Cultivateur	0.57	0.29	0.86	

t = 34 pour $\alpha = 10\%$

Tableau n°27.4 : La comparaison d'effet moyen principal

Dates de prélèvements		T1	T2	T3	Ppds
Jachère travaillée	Dis/ culti	0.73	1.3	0.75	0.99

t = 34 pour $\alpha = 10\%$

1.3 - Effet de la jachère nue/ outils/temps sur l'évolution de l'humidité du sol du sol au pF4.2.

1.3.1- Effet de la jachère nue /charrue à disques/temps sur l'évolution de l'humidité du sol du sol au pF4.2.

Les résultats de la **figure n°38.9** expliquent à un certain niveau l'effet de l'interaction entre la jachère nue et le labour avec un outil à disques sur la teneur de l'horizon de surface en eau. On constate qu'une meilleure valeur d'humidité est enregistrée au premier prélèvement (15.09%) ; ce qui explique l'effet positif de la jachère nue sur la conservation de l'eau de pluies même après le labour. Ce dernier à longue durée provoque une infiltration importante de l'eau de l'horizon superficiel vers les horizons profonds. Cette infiltration avec la quantité d'eau évaporée provoque une diminution agressive de la teneur de cet horizon en eau au deuxième prélèvement. Cette quantité contenue à diminuer mais moins agressive jusqu'à une valeur de 11.64% au troisième prélèvement. Ceci se traduit par l'effet nocif du temps.

Le **tableau n°27.5** résume tous ces résultats où on remarque une différence significative entre les valeurs enregistrées au niveau des combinaisons (T1-T2) et (T1-T3) ; et aucune différence significative entre les valeurs notées au deuxième et au troisième prélèvement (T2-T3).

1.3.2- Effet de la jachère nue /cultivateur à dents/temps sur l'évolution de l'humidité du sol au pF4.2.

Une analyse statistique a été réalisée pour déterminer la variation de l'humidité du sol du sol au pF4.2 dans le temps sous l'effet de l'interaction d'une jachère nue avec un labour avec un cultivateur à 11 dents alourdi. Les résultats obtenus sont présentés dans la **figure n° 38.10**.

La première observation de cette figure montre que la teneur du sol en eau est de forme parabolique. Cette courbe commence par un taux d'humidité élevé sous l'effet du labour qui va créer, une structure plus ou moins tassée qui ne perd pas facilement son humidité. Au deuxième prélèvement l'humidité du sol commence à diminuer ce qui explique l'augmentation du phénomène d'évapotranspiration. Une forte pluviométrie est enregistrée entre la période qui s'étale entre le T2 et T3 ; ce qui provoque l'augmentation de l'humidité au troisième prélèvement.

Ces résultats sont traduits par le **tableau n°27.5** où on remarque une différence significative entre les périodes de prélèvement (T1-T2) et (T1-T3) pour les valeurs d'humidité obtenues au niveau des parcelles mises en jachère nue et labourée ensuite avec un

cultivateur à dents. Aucune différence significative n'est notée entre (T2-T3) ce qui confirme les résultats obtenus.

1.3.3- La comparaison.

La comparaison entre l'effet d'un outil à dents et d'un outil à disques avec un même précédent cultural (jachère nue) sur la variation de l'humidité du sol du sol, donne des résultats résumés dans la **figure n° 38.11**.

Cette figure indique que les parcelles labourées avec un cultivateur à dents sont celles qui conservent le maximum d'humidité avec une moyenne générale de (14%). Comparativement aux parcelles travaillées avec la charrue à disques n'ont conservées que 12.98% de la quantité totale de l'eau dans le sol.

L'analyse de cette figure montre que deux valeurs très proches de l'humidité sont enregistrées au premier prélèvement pour les parcelles travaillées avec deux outils différents. Une diminution progressive est enregistrée au niveau de ces parcelles pendant les deux derniers prélèvements (T2 et T3) cette diminution est plus importante pour les parcelles labourées avec la charrue à disques.

Aucune différence significative n'est enregistrée entre l'effet de ces deux outils de labour (charrue à disques et cultivateur à dents) sur la variation de l'humidité de l'horizon de surface au premier et au deuxième prélèvement. Cette différence est significative au troisième prélèvement (**tableau n° 27.6**).

Le test de corrélation confirme à un certain niveau ces résultats où on note une faible corrélation positive entre les valeurs obtenues sous l'effet de ces deux outils de labour (**figure n°38.12**).

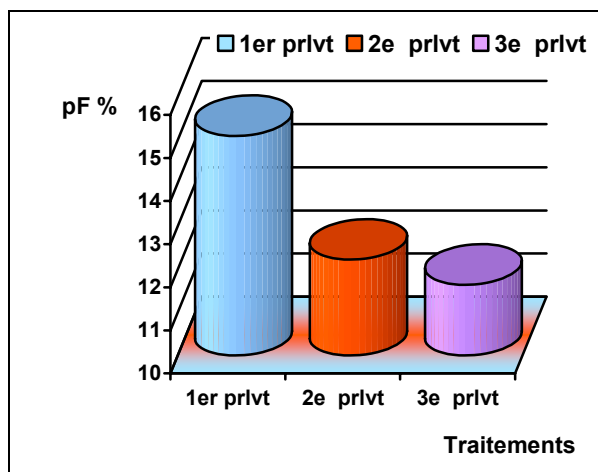


Figure n°38.9 : Effet de la jachère nue /
charrue à disques/temps sur l'évolution
de l'humidité du sol du sol au pF4.2.

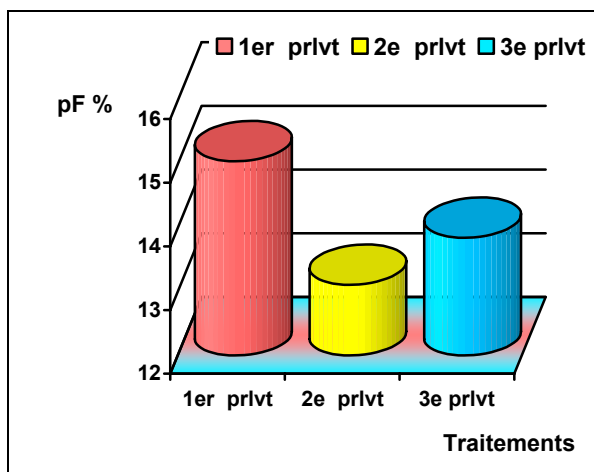


Figure n°38.10: Effet de la jachère nue /
cultivateur à dents sur l'évolution
de l'humidité du sol du sol au pF4.2.

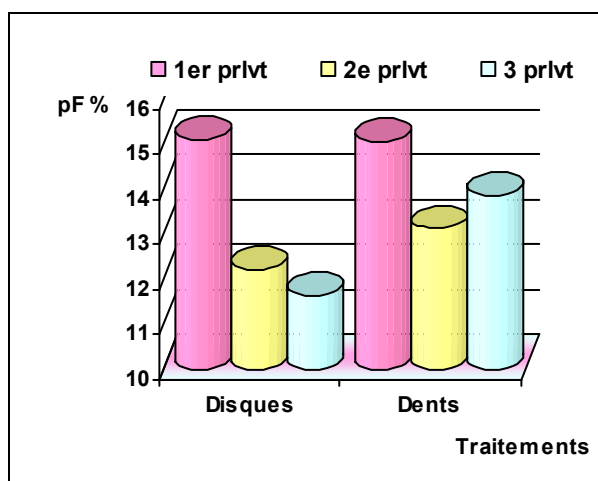


Figure n°38.11 : Effet de la jachère nue/ outils/temps
pour
sur l'évolution de l'humidité du sol du sol au pF4.2.

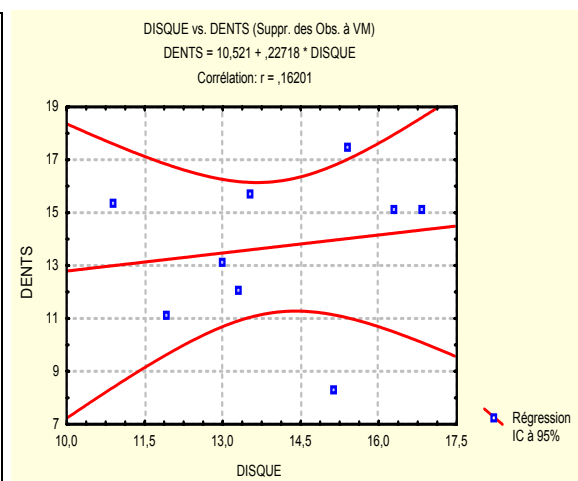


Figure n°36.8: corrélation et régression de pF4.2
charrue à disques / cultivateur à dents.

Tableau n° 27.5: Effet moyen principal d'interaction jachère nue/ outils/temps
sur la variation de la capacité de rétention en eau.

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3	Ppds
Jachère nue	Disques	2.87	0.58	3.45	0.99
	cultivateur	1.94	0.74	1.2	

t = 34 pour α = 10%

Tableau n°27.6 : La comparaison d'effet moyen principal

Dates de prélèvements		1	2	3	Ppds
Jachère nue	Dis/ culti	0.04	0.89	2.21	0.99

t = 34 pour α = 10%

2- Effet outils/précédents cultureux/temps sur la variation de l'humidité du sol du sol au pF4.2.

2.1- Effet charrue à disques/précédents cultureux/temps sur la variation de l'humidité du sol du sol au pF4.2.

Une analyse de variance a été faite pour déterminer l'effet de labour avec une charrue à disques dans des parcelles ayant de différents précédents cultureux (chaume de céréales, jachère travaillée et jachère nue) sur l'évolution de la teneur du sol en eau.

Les résultats obtenus montrent que les meilleures valeurs d'humidité sont enregistrées au niveau des parcelles mises en jachère travaillée en première position avec une moyenne générale 14.52%, puis les parcelles couvertes par une couche de chaume de céréales en deuxième position avec une valeur très proche à celle enregistrée dans la première position (14.44%), et enfin une valeur de 12.98% caractérisant les parcelles mises en jachère nue (**figure n° 38.13**).

Cette figure indique que quelque soit le précédent cultural pratiqué, l'humidité de l'horizon labouré diminue avec le temps ; ce qui explique l'effet principal du temps sur la variation de la teneur du sol en eau en relation avec le travail du sol.

L'étude de l'effet principal des moyennes de l'interaction de l'outil à disques et le précédent cultural (**tableau n°27.7**) ne montre aucune différence significative n'est enregistrée entre les valeurs notées au deuxième et au troisième prélèvement pour les trois précédents cultureux et entre (T1-T2) pour les parcelles mises en jachère travaillée et celles couvertes par une couche des chaumes et enfin entre (T1-T3) pour les parcelles mises en jachère travaillée, Une différence significative est enregistrée au niveau des combinaisons (T1-T2) pour les parcelles mises en jachère nue et entre (T1-T3) pour les parcelles avec la chaume de céréales et la jachère nue.

En conclusion le travail du sol avec la charrue à disques après la jachère travaillée permet de conserver une quantité importante d'eau même si elle diminue avec le temps.

2.2- Effet cultivateur à dents /précédents cultureux/temps sur la variation de l'humidité du sol du sol au pF4.2.

La **figure n° 38.14** indique que les parcelles mises en jachère nue sont les parcelles qui affichent un taux d'humidité assez important comparativement aux autres parcelles. Ceci est traduit par l'effet du précédent cultural en premier lieu puis l'effet du labour avec le cultivateur qui agit fortement sur l'augmentation de la teneur du sol en eau avec le temps.

L'étude de l'effet moyen principal de l'interaction du cultivateur à dent et des précédents culturaux dans le temps montre qu'il y a une différence significative entre les valeurs de l'humidité enregistrées au premier et au deuxième prélèvement au niveau des parcelles avec chaumes et avec la jachère nue qui affiche aussi une différence significative entre (T1-T3) (**tableau n° 27.8**).

Aucune différence significative n'est enregistrée entre (T1-T2) pour les parcelles mises en jachère travaillée, entre (T2-T3) pour les parcelles mises soit en jachère travaillée soit en jachère nue et entre (T1-T3) pour les parcelles mises en jachère travaillée.

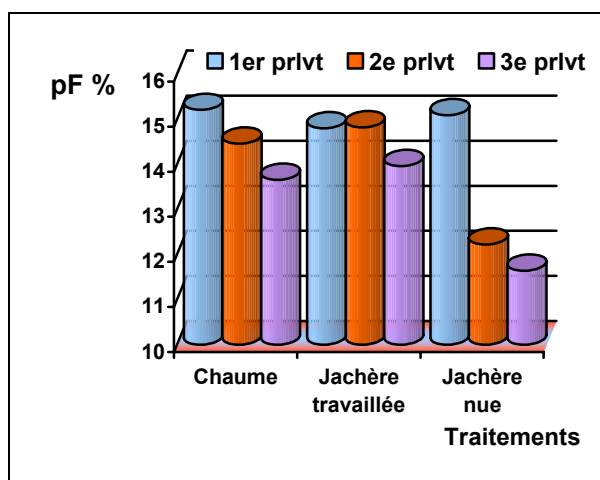


Figure n°38.13: Effet charrue à disques / précédents culturaux/temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.

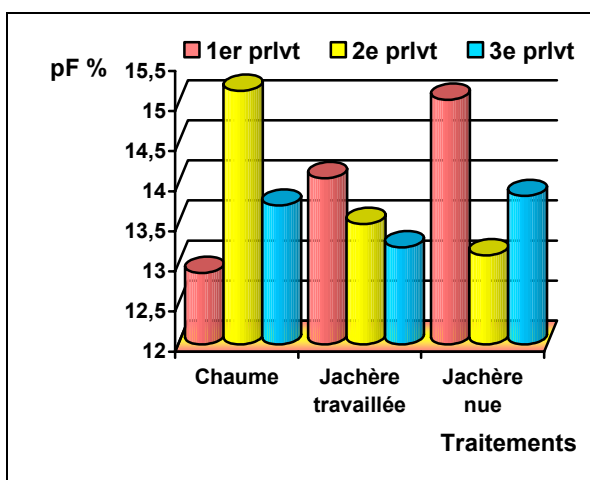


Figure n°38.14: Effet cultivateur à dents / précédents culturaux/temps sur la variation de l'humidité du sol au pF4.2.

Tableau n° 27.7: Effet moyen principal d'interaction charrue à disques/ précédents culturaux sur l'évolution de l'humidité du sol du sol au pF4.2.

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3
Chaumes	Disques	0.75	0.8	1.55
Jachère travaillée	Disques	0.02	0.86	0.84
Jachère nue	Disques	2.87	0.58	3.45

Tableau n°27.8: Effet moyen principal d'interaction cultivateur à dents/ précédents culturaux sur l'évolution de l'humidité du sol du sol au pF4.2

Dates de prélèvements		T1- T2	T2 – T3	T1 – T3
Chaumes	Cultivateur	2.27	1.43	0.84
Jachère travaillée	Cultivateur	0.57	0.29	0.86
Jachère nue	cultivateur	1.94	0.74	1.2

Conclusion

Dans cette étude, nous avons caractérisé les paramètres hydriques de l'horizon superficiel en fonction de l'espace poral de cet horizon et son effet sur la variation son humidité.

- **Chaume de céréales** : selon l'outil de labour déroule l'effet de cet précédent cultural.

Le sol couvert par une chaume de céréales est un sol plus ou moins humide. S'il est labouré avec un outil à disques, son taux d'humidité diminue avec le temps mais il reste plus important que le taux enregistré dans les parcelles labourées avec un cultivateur à dents. Ce dernier provoque une évapotranspiration et une infiltration importante ; ce qui provoque la diminution de la teneur du sol en eau. Ces mêmes observations sont déterminés pour les parcelles mises en **jachère travaillée** quelque soit l'outil de labour (charrue à disques et cultivateur à dents).

- **La jachère nue** se différencie par un très faible taux d'humidité qui est enregistré dans les parcelles travaillée avec la charrue à disques et une forte humidité est enregistrée dans les parcelles travaillées avec le cultivateur à dents ; ce qui confirme que le labour joue un rôle important dans la dynamique de et le fonctionnement l'eau dans le sol.

Une analyse de variance a été réalisée pour déterminer l'effet de l'interaction entre le précédent cultural et l'outil utilisé pour le travail du sol sur la variation de l'humidité du sol où on note un effet hautement significatif du temps sur la variation de l'humidité de l'horizon de surface au pF4,2.

Tableau n°27.9: Analyse de la variance de la capacité de rétention en eau.

Source de la variation	ddl	Carré moyen
Totale	53	4.68 ^{ns}
Précédents culturaux (F1)	2	2.43 ^{ns}
-Le contraste	1	0.28 ^{ns}
Outils de labour (F2)	1	0.28 ^{ns}
Temps (F3)	2	6.25 ^{ns}
- Le contraste	1	12.46 ^{**}
F1xF2xF3	4	1.52 ^{ns}
Blocs	2	42.95 ^{****}
Résiduelle	34	3.15

ns : effet non significatif,

* : Effet significatif au seuil 10%

** : Effet significatif au seuil 5 %

*** : Effet significatif au seuil 1 %

**** : Effet significatif au seuil 0.1%

III- Interprétation des paramètres physiques par l'ACP.

L'interprétation par une simple observation des résultats obtenus est sans doute insuffisante; pour cela, nous avons eu recours à une méthode statistique qui est l'analyse en composante principales (A.C.P)

1- Distribution des échantillons de sol en fonction de ses quatre variables (Da, P, CR et pF).

Tableau n° 28: Matrice de corrélation entre les différentes variables physiques.

	Da	P	CR	pF
Da	1.00			
P	-0.874	1.00		
CR	-0.727	0.366	1.00	
pF	-0.323	0.354	0.296	1.00

Dans les analyses multi variables, il est nécessaire de ne prendre en considération que les valeurs non fortement corrélées.

L'analyse de ces résultats montre qu'il y a une faible corrélation entre la porosité (P) et la capacité de rétention en eau (CR) et l'humidité du sol (pF).

2- Pouvoir explicatif des principaux axes.

Tableau n° 29: Contributions à la variation totale des principaux axes.

Axes	I	II
%	63.4	20.0

Le tableau n°29 montre que l'axe I explique à lui 63.4% de l'ensemble des variations.

L'axe II explique seulement 20% de l'ensemble des résultats obtenus.

L'analyse du plan de ces deux axes I et II fournit 83.4% d'explication et qui est suffisante pour décrire le regroupement et la caractérisation des variables et des individus.

3- Caractérisation des axes I et II.

Tableau n°30: corrélation entre les variables et les axes I et II.

	Axe I	Axe II
Da	0.6039	-0.2666
P	-0.5366	0.1123
CR	-0.4794	0.2068
pF	-0.3428	-0.9346

L'analyse de ce tableau montre que l'axe I explique dans son sens positif l'augmentation la densité apparente et parallèlement une diminution de la porosité du sol, la capacité de rétention en eau et le point de flétrissement.

L'axe II explique l'augmentation de la porosité totale et la capacité de rétention dans son sens positif et la diminution de la densité apparente et l'humidité du sol au pF4.2 dans son sens négatif.

4- Projection des variables et caractérisation des principaux axes.

Tableau n°31: corrélation à la variation totale des variables sur les principaux axes.

	Axe I		Axe II	
	Corrélation entre les variables et les axes principaux	Corrélation au carré	Corrélation entre les variables et les axes principaux	Corrélation au carré
Da	0.9620	0.9255	-0.2385	0.0569
P	-0.8548	0.7307	0.1004	0.0101
CR	-0.7638	0.5833	0.1849	0.0342
pF	-0.5461	0.2982	-0.8359	0.6987

Les résultats de la projection des différentes variables sur les axes I et II sont représentés dans le cercle de corrélation des variables.

On remarque que l'opposition de ces variables est de forme sphérique très proche à l'extrémité, ce qui explique leur fort pouvoir de détermination.

Sur la figure n° 24, on remarque que l'axe I explique les variables (la capacité de rétention en eau, le point de flétrissement et la densité apparente) dans son sens négatif. Leur corrélation allant de 0.58 à 0.92.

On note que les individus seront plus éloignés du centre vers la droite sur l'axe I quand le taux de leur CR et pF est faible alors que les individus localisés à la gauche de l'axe I leur taux devrait être le plus fort.

Pour la densité apparente, on remarque que les valeurs situées à gauche de l'axe I sont celles où leur taux de densité apparente est faible comparativement aux individus situés à droite de l'axe I, leur taux de la densité apparente est fort.

Caractérisation de l'axe II

Sur l'axe II, on remarque qu'il n'explique que le point de flétrissement. Leur corrélation est de 0.69 (tableau n°31).

Donc on considère cet axe comme l'axe des taux d'humidité au pF4.2.

Plus on s'éloigne du centre de cet axe vers le bas, plus les valeurs d'humidité sont élevées et plus qu'on s'éloigne vers le haut les valeurs d'humidité diminuées.

4- Projection des individus (échantillons) et délimitation des groupes.

Tableau n°32: qualité de représentation.

Echantillon N°	Axe I		Axe II	
	coordonnées	Cosinus carré	coordonnées	Cosinus carré
01	-2.1167	<u>0.7869</u>	-0.6118	0.0657
02	-0.7372	<u>0.5914</u>	-0.3447	0.1293
03	1.6180	<u>0.8075</u>	-0.2715	0.0227
04	1.5769	<u>0.8828</u>	0.5221	0.0968
05	0.0507	0.0013	-1.3129	<u>0.8745</u>
06	1.5971	0.7878	-0.3257	0.0328
07	-0.0272	0.0008	-0.9188	<u>0.9376</u>
08	-0.6416	<u>0.3985</u>	-0.7523	0.5479
09	-0.7112	<u>0.4363</u>	0.1540	0.0205
10	-4.3154	<u>0.7398</u>	1.5576	0.0964
11	-0.9768	<u>0.3234</u>	0.7131	0.1724
12	0.8157	<u>0.7571</u>	0.4475	0.2279
13	-0.9502	<u>0.4862</u>	0.9307	0.4664
14	0.5741	0.0964	1.5154	<u>0.6718</u>
15	2.0598	<u>0.6084</u>	1.6431	0.3872
16	-0.1385	0.0136	-1.1380	<u>0.9198</u>
17	2.5110	<u>0.8513</u>	0.0082	0.0000
18	-0.1886	<u>0.0370</u>	0.0454	0.0021

Après l'observation de **la figure n° 39**, nous remarquons que l'axe I répartit sur sa longueur 13 individus en deux groupes plus ou moins éloignés à savoir : le groupe **A** et le groupe B.

L'axe II répartit sur sa longueur 5 individus en deux groupes plus ou moins éloignés à savoir : le groupe **C** et le groupe D.

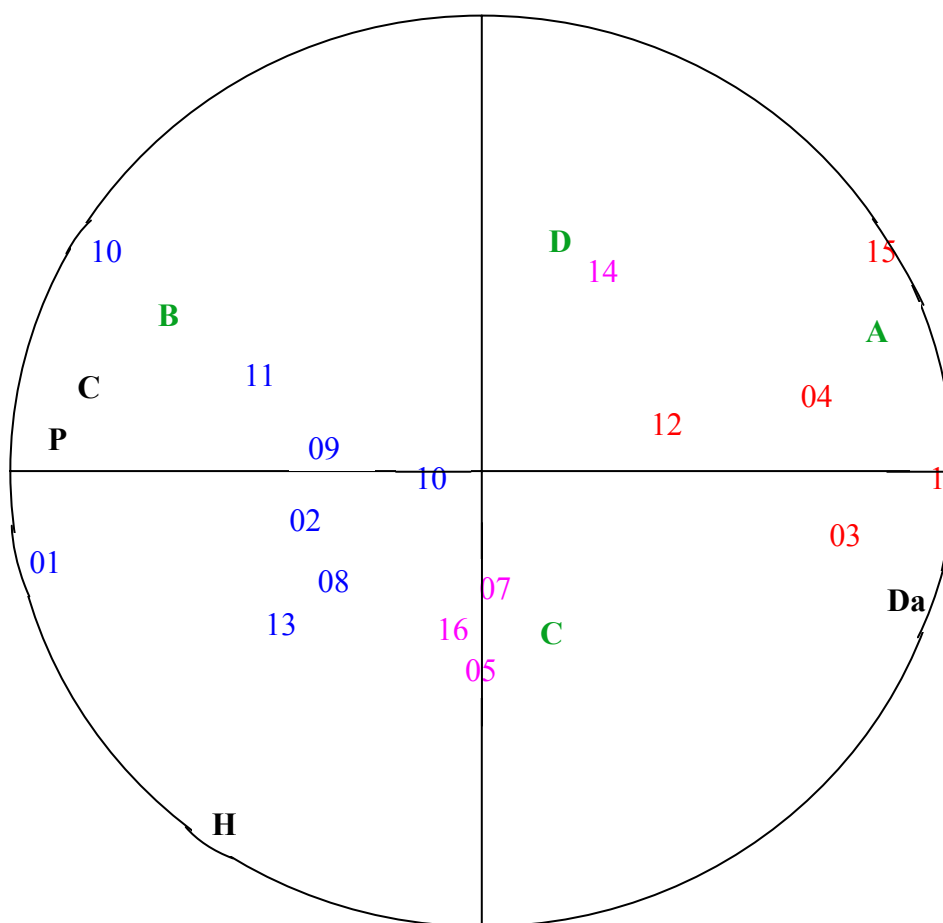


Figure n° 39: Projection des échantillons sur le plan (I, II)

Groupe A : représenté par les échantillons (03, 04, 17, 12 et 15), situé à droite de l'axe I, et qui présente les parcelles (p11, p3, p10, p14 et p17) qui ont un taux élevé de la densité apparente et un taux faible de la porosité totale ainsi une faible capacité de rétention en eau.

Groupe B : situé à gauche de l'axe I, explique les échantillons (01, 02, 08, 09, 10, 11, 13 et 18). Ces échantillons caractérisant les parcelles (P2, P9, P13, P15, P5, P12, P1 et P18) qui ont une valeur élevée de la capacité de rétention et de la porosité totale du sol et des valeurs faibles de la densité apparente.

Groupe C : situé en bas de l'axe II, explique les échantillons (05, 07 et 16). Ces échantillons présentent les parcelles (P8, P7 et P4).

Ces parcelles sont caractérisées par un taux d'humidité élevé.

Groupe D : situé en haut de l'axe II, explique l'échantillon (14) (P6) qui a un tau d'humidité faible au pF4.2. Cet échantillon représente la parcelle (P6).

Chapitre 3 : Etude du rendement du blé dur

Introduction

La culture du blé dur utilisée (MBB) au cours de nos essais sur champs a pour objet de déterminer l'effet de l'interaction entre un précédent cultural (chaume de céréales, jachère travaillée et jachère nue) et un outil de labour (charrue à disques ou cultivateur à 11 dents alourdi) sur le cycle de croissance de cette culture.

Les paramètres d'estimation de la croissance mesurés sont le nombre de plants/m². Ce paramètre a été estimé sur terrain le 01/03/2006, le nombre de talles/m² au stade plein tallage le 01/ 04/2006, le nombre d'épis /m² le 13/05/2006 au stade d'épiaison, et le nombre de grains/épi compter le 17/06/2006. Ces paramètres ont été déterminés comme composantes du rendement.

Le test de variance a été appliqué à l'ensemble de ces paramètres de rendement, les résultats obtenus présentés comme suite.

Le rendement en grains.

La meilleure moyenne du rendement est celle enregistrée au niveau des parcelles mises en jachère travaillées pendant l'année agricole (2004/2005) et labourée durant la campagne (2005/2006) avec un outil à disques ayant une valeur de (19.019 q/ha), en deuxième place nous avons une moyenne de (16.92 q/ha) enregistrée au niveau des parcelles ayant le même précédent cultural mais travaillée dans la campagne suivante avec le cultivateur à dents. La plus basse valeur est enregistrée sous l'effet de l'interaction entre la jachère nue et le labour avec un outil à disques.

Une observation générale des résultats obtenus donne.

- le rendement en grains est plus important sous l'action d'un outil à disques que l'outil à dents.
- La germination et le développement des plants, sont plus importants dans les parcelles travaillées avec le cultivateur à 11 dents alourdi que celles travaillées avec la charrue à disques. Le labour avec l'outil à dents est généralement pratiqué ayant pour but de préparer le lit de semence avec ses dents qui vont créer des lignes de labour profondes avec une terre plus ou moins fine et meuble ; ce qui facilite la germination des grains et l'enfouissement des racines dans le sol
- L'effet de la jachère travaillée est le plus important à partir du stade d'épiaison comparativement à l'effet de deux autres précédents culturaux (chaume de céréales et jachère nue).

Variation des composantes de rendement.

L'analyse de la variance montre que le blé dur au stade plein tallage n'est influencé ni par les précédents culturaux ni par les outils de labour où aucun effet significatif de ces deux facteurs n'est enregistré sur le nombre de talles /m².

L'étude de l'effet moyen de l'interaction entre ces deux facteurs (précédents culturaux/ outils de labour) montre que les parcelles mises en jachère nue pendant l'année agricole (2004/2005) et labourée en (2005/2006) avec un cultivateur à 11 dents alourdi, donnent un nombre de talles important comparativement au nombre compté dans les autres traitements (figure n° 40.1).

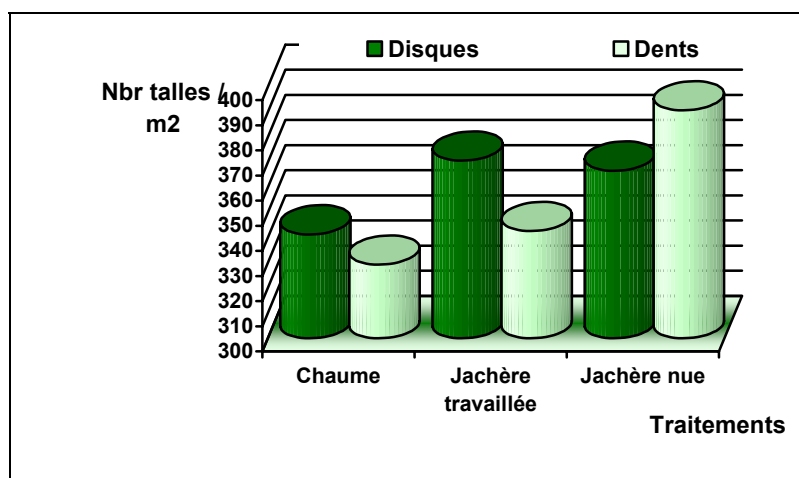


Figure n°40.1: Effet du précédents culturaux / outils de labour
Sur le nombre de talles par m²

La croissance des plantes au stade épiaison à une relation surtout avec les précédents culturaux pratiqués. Les résultats obtenus concernant le nombre d'épis/m², sont résumés dans la figure n°40.2.

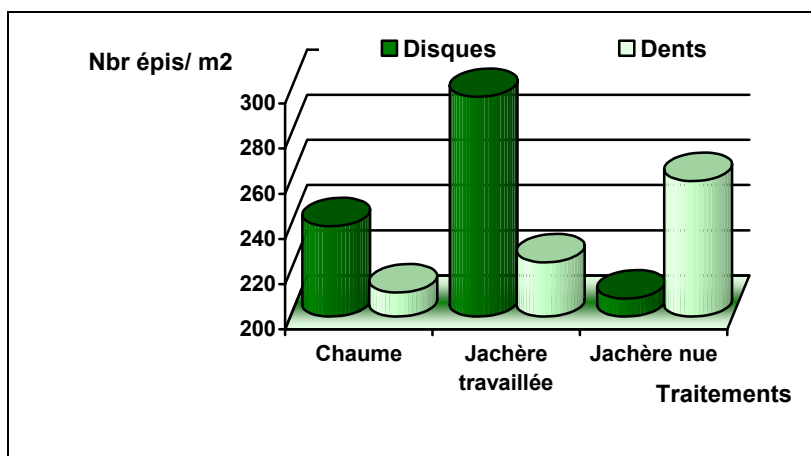


Figure n°40.2 : Effet du précédents culturaux / outils de labour
sur le nombre d'épis par m²

L'analyse de la figure montre que les meilleures valeurs enregistrées dans les traitements ayant une jachère nue comme précédent cultural et travaillées avec un outil à dents ont une moyenne de 260.00épi/m² et les parcelles mises en jachère travaillées et labourées avec un outil à disques ont une moyenne de 297.33épi/m².

Ces résultats montrent la relation entre les précédents culturaux et l'outil de labour où cette relation agit par fois positivement pour donner un nombre d'épis important, et par fois négativement pour donner une faible valeur de nombre d'épis ; c'est le cas des parcelles mises en jachère nue et travaillées avec un outil à disques (208.00épi/m²). Ainsi une faible valeur est enregistrée au niveau des parcelles ayant une chaume de céréales comme précédent cultural et travaillées avec un cultivateur à 11 dents alourdi.

L'analyse de la variance montre qu'il y a un effet hautement significatif de l'interaction des précédents culturaux avec les outils de labour sur le nombre d'épi/m² au seuil 5 et 10%.

Aucun effet significatif de ces deux facteurs n'est enregistré sur le nombre de grains/épi. L'étude de l'effet moyen de l'interaction de deux facteurs (précédents culturaux et outils de labour) donne un classement statistique des meilleurs résultats vers les plus faibles. On note que le nombre de grains par épi enregistré dans les parcelles mises en jachère travaillée pendant la campagne agricole (2004/2005) et labourées en 2005/2006 avec un outil à dents, est le plus important suivi par un nombre de grain assez important avec une moyenne de (18.41grains/épi) enregistré au niveau des parcelles ayant une jachère nue comme précédent cultural et labourées avec une charrue à disques. La plus faible moyenne de nombre de grains/épis est enregistrée au niveau des parcelles mises en jachère nue et labourée avec le cultivateur à 11 dents alourdi (14.87 grains/épi). Ceci est traduit par l'effet négatif du labour avec un outil à dents après une jachère nue sur les propriétés du sol ainsi que sa fertilité.

L'étude de l'effet moyen des facteurs étudiés (précédents culturaux et outils de labour) a montré que le nombre de grain/m² sous l'action d'un outil à disques est plus important que celle noté sous l'effet d'un outil à dents quelque soit le précédent cultural pratiqué.

Les meilleurs rendements en grains sont enregistrés au niveau des parcelles mises en jachère travaillée avec une moyenne de (5093.33 grains/m²) pour les parcelles labourées avec une charrue à disques et une moyenne de (4224.00 grains/m²) pour les parcelles labourées avec le cultivateur à 11 dents alourdi.(figure n°40.3)

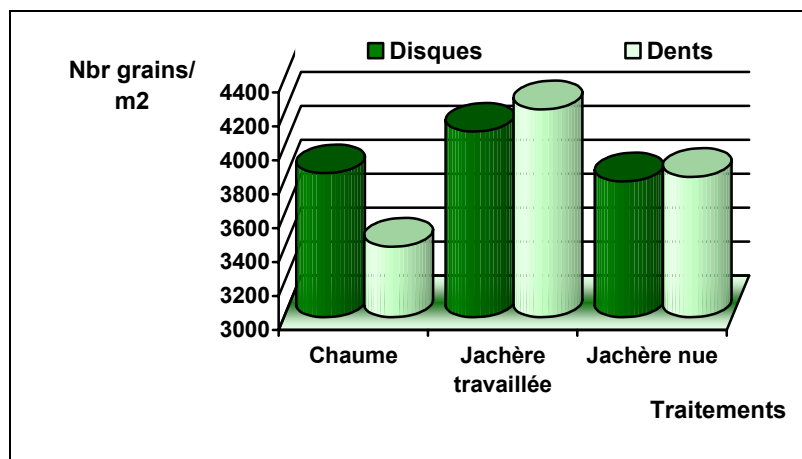


Figure n°40.3 : Effet du précédents culturaux / outils de labour sur le nombre des grains par m²

Les résultats du tableau de l'analyse de la variance montrent qu'il y a un effet hautement significatif des précédents culturaux (chaume de céréales, jachère travaillée et jachère nue) sur le nombre de grains/m².

Concernant le paramètre PMG, on note que les parcelles travaillées avec le cultivateur à 11 dents alourdi sont les parcelles qui affichent un poids important des grains quelque soit le précédent cultural pratiqué comparativement aux parcelles travaillées avec la charrue à disques (**figure n°40.4**).

Cela signifié que le cultivateur à dents à un effet important sur le remplissage des grains de blé.

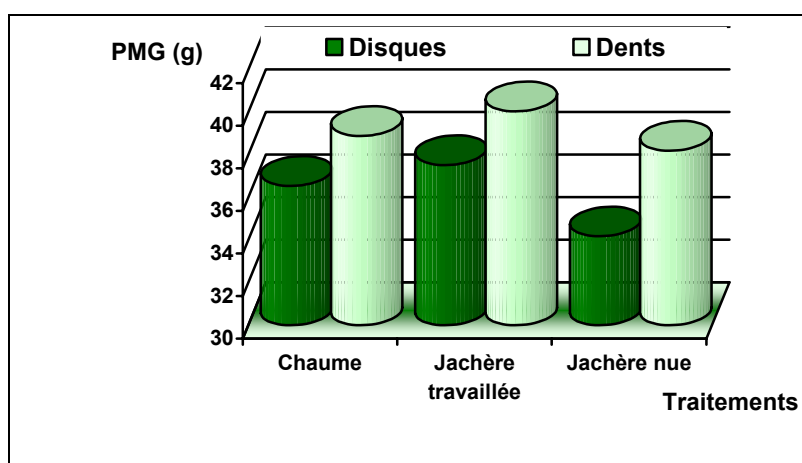


Figure n°40.4 : Effet du précédents culturaux / outils de labour sur le poids de 1000 grain.

L'analyse de la variance montre qu'il y a un effet significatif des précédents culturaux au seuil de 10% sur le PMG, et l'effet de l'outil de labour est hautement significatif au seuil 1%,

5% et 10% sur le poids de 1000 grains. Ceci est traduit par le rôle important de labour dans le remplissage des grains de blé.

Dans la **figure n°40.5**, on remarque que les parcelles ayant une jachère travaillée comme précédent cultural quelque soit l'outil utilisé dans le travail du sol (charrue à disques ou cultivateur à 11 dents alourdi), affichent le meilleur rendement. Ce qui explique l'effet de la jachère travaillée sur l'amélioration des propriétés du sol et l'assurance d'un bon réservoir d'eau et d'éléments chimiques essentiel pour le développement de la culture prochaine. On note aussi que sur ce précédent cultural, le rendement sous l'action de l'outil à disques est plus important que celui enregistré sous l'action de l'outil à dents avec des moyennes respectives de (19.01qx/ha et 16.92 qx/ha).

Le plus faible rendement est enregistré dans les parcelles mises en jachère nue pendant la campagne agricole précédente (2004/2005) et labourées en (2005/2006) avec une charrue à disques (12.97 qx/ha)

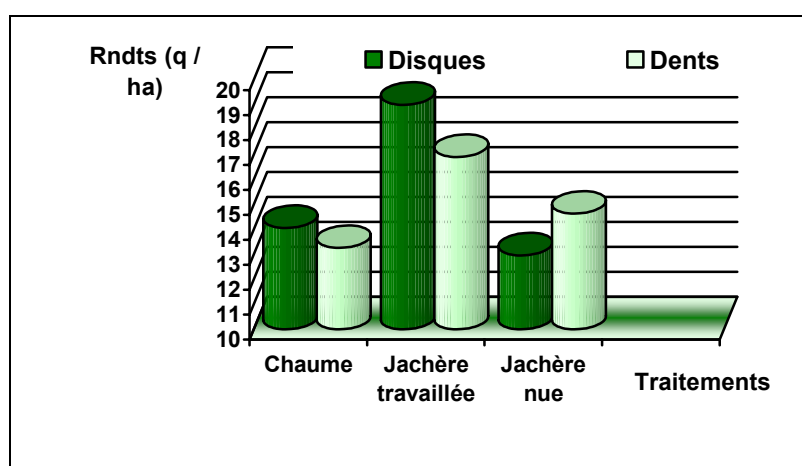


Figure n°40.5: Effet du précédents culturaux / outils de labour sur le rendement en grains.

L'analyse de la variance confirme ces résultats où on note un effet hautement significatif des précédents culturaux (chaume de céréales, jachère travaillée et jachère nue) sur le rendement total au seuil 1, 5 et 10%.

Tableau n°33 : Carré moyen de l'analyse de variance des valeurs du rendement et des composantes de rendement dans les parcelles expérimentales.

traitement	ddl	Nombre de plants/m ²	Nombre de talles/m ²	Nombre d'épis/m ²	Nombre de grains/épi	Nombre de grains/m ²	Poids de 1000 grains (g)	Rendement en grains (q/ha)
Précédents culturaux (F1)	2	1952.89 ns	2816.89 ns	2034.67 ns	5.57 ns	1801514.50** *	10.25*	35.80***
Outils de labour (F2)	1	355.55 ns	128.00 ns	1283.55 ns	1.61 ns	812387 ns	39.52***	0.74 ns
F1 x F2	2	1814.22 ns	1064 ns	6064.89**	11.16 ns	30.1113 ns	1.26 ns	5.46 ns
Blocs	2	2624.89 ns	176.89 ns	1282.67 ns	2.51 ns	178338.50 ns	1.33 ns	2.96 ns
résiduelle	10	1401.42 ns	3071.82 ns	1409.60 ns	4.83 ns	297288.06 ns	3.66 ns	3.96 ns

ns : effet non significatif,

* : Effet significatif au seuil 10%

** : Effet significatif au seuil 5 %

*** : Effet significatif au seuil 1 %

**** : Effet significatif au seuil 0.1%

Conclusion générale

Ce travail a été entrepris dans l'objectif de déterminer la meilleure méthode de gestion de l'interaction eau – sol- plante, dans la région semi-aride de l'Algérie soumises à la culture des céréales en régime pluviale. La principale problématique de cette culture est la faiblesse du rendement ; il ne dépasse les 9 à 10 qx/ha en moyenne.

Dans la région de Batna, la céréaliculture est dominante de longue date. Le système de cette culture s'articule sur l'assolement céréales/ jachère ou céréales / céréales associé à l'élevage ovin-bovin. Les sols de la région sont de sols calcaires riches en argile, leur texture généralement est argileuse. Le climat de la région s'y caractérise par une grande variabilité en pluviométrie et en température. La pluviométrie annuelle se situe entre 400 à 430 mm. En plus, elle est caractérisée par une grande insuffisance hydrique. La sécheresse et le froid apparaissent fréquemment de manière précoce ou tardive.

Pour cette raison la recherche en céréaliculture est essentiellement basée sur une stratégie d'améliorer et d'augmenter le rendement de cette culture. Le sol n'ayant jamais été pris en considération en conséquence. Les travaux de recherche sur les pratiques culturales sont négligés de dans cette région. Face à cette situation ; le recours au sol pour mieux approcher la problématique des céréales devenait inévitable.

Les contraintes de la céréaliculture sont surement nombreuses liées aux différents facteurs : naturels, techniques, humains, financiers,...etc.

On note que le déficit hydrique dans la région est le plus grand problème qui la caractérise. Généralement, la culture du blé a besoin de 600 mm/an d'eau et nous nous notons que la moyenne de la pluviométrie au niveau de la région ne dépasse guère 430 mm/an.

Dans de telles conditions, la quantité d'eau retenue par le sol est un facteur déterminant. Ce facteur est lié principalement aux propriétés des sols : profondeur, structure, porosité et aux propriétés hydro physiques des sols. Ces derniers sont à leur tour largement affectés par la façon dont les sols sont travaillés et gérés notamment dans le système céréales / précédents culturaux.

Dans ce travail, nous avons cherché à mettre en évidence des différentes techniques de travail du sol, sur les caractéristiques structurales du sol (densité apparente et porosité totale) ainsi que les caractéristiques hydrodynamiques (capacité de rétention et humidité du sol au pF4.2).

Pour réaliser cette étude, nous avons préparé trois précédents culturaux différents à savoir (jachère travaillée, jachère nue et chaume de céréales) pendant l'année agricole (2004/2005). L'année suivante (2005 / 2006), ces précédents culturaux ont été labourés

avec deux outils différents à savoir une charrue à disques et un cultivateur à 11 dents alourdi.

L'interaction des deux paramètres (outils / précédent cultural) nous amène à déterminer les caractéristiques structurales et hydriques de l'horizon travaillée ; ce qui nous à permes de conclure :

La structure de l'horizon travaillé.

Après le labour ; on remarque que les parcelles travaillées avec la charrue à disques conservent à un certain niveau l'état hérité de ses mottes comparativement aux parcelles travaillées avec le cultivateur à 11 dents alourdi qui provoque une véritable fragmentation des mottes de grande taille en mottes de petite taille.

En ce qui concerne l'évolution de la densité apparente.

L'étude expérimentale montre de nette différence dans la caractérisation de la densité des particules solide de l'horizon de surface sous l'action de l'interaction entre les trois précédents culturaux et le labour avec deux outils différents.

Après une année de la jachère nue, la densité apparente affiche ses meilleures valeurs dans le temps quelque soit l'outil de labour utilisé. Ces résultats peuvent expliquer aussi l'effet de ce précédent cultural sur la structure du sol. Il va crée une véritable dégradation de l'horizon de surface. Après le labour aucune amélioration de ces contraintes ne peut être effectuée.

Pour les deux autres précédents culturaux (jachère travaillées et chaume de céréales), c'est le type de labour qui intervient dans la variation de la densité apparente qui est marquée par une augmentation du volume solide du sol par rapport au volume total où il y a une dominance de la terre fine. Le sol avec le temps est fortement tassé dans des conditions humides.

Dans les situations travaillées par l'outil à dents, une amélioration importante de la structure du sol à été marquée, avec une diminution importante de la densité apparente.

En ce qui concerne l'espace poral de l'horizon travaillée.

Cette étude nous a permis d'évaluer différentes gammes de porosité sous l'influence de l'interaction entre les précédents culturaux et le labour avec deux outils différents dans le temps.

L'évolution de la porosité du sol après les deux précédents culturaux (jachère travaillée et chaume de céréales) est liée fortement aux types de l'outil utilisé pour le labour.

Une évolution importante de l'espace poral à été enregistrée après le labour avec la charrue à disques sur les parcelles ayant comme précédent cultural jachère travaillée.

Cependant cette porosité est moins importante après le labour avec le cultivateur à 11 dents alourdi.

Dans les parcelles couvertes de chaume de céréales, les résultats obtenus sont complètement différents avec ceux enregistrés après la jachère travaillées où on note que les meilleures valeurs de la porosité totale sont enregistrées avec l'outil à dents comparativement aux celles travaillées avec l'outil à disques.

Dans les situations mises en jachère nue, une réduction importante de l'espace poral a été enregistrée quelque soit l'outil utilisé dans le travail du sol (charrue à disques ou cultivateur à 11 dents alourdi).

En ce qui concerne le fonctionnement hydrodynamique de l'horizon de surface.

La confirmation des caractéristiques porales par rapport à la courbe de rétention d'eau et l'humidité du sol au pF 4.2, a permis de définir des comportements de transfert d'eau pour les parcelles expérimentales.

Le type de labour est le premier facteur responsable du fonctionnement hydrique de l'horizon superficiel quelque soit le précédent cultural pratiqué. On note que les parcelles mises en jachère travaillée pendant la campagne agricole (2004/2005) et labourées en suite avec une charrue à disques sont les parcelles qui conservent une quantité importante d'eau dans le temps comparativement aux autres traitements. Ces mêmes parcelles (jachère travaillée) conservent un taux d'humidité au pF4.2 important quelque soit l'outil utilisé dans le travail du sol.

Le sol couvert par une chaume de céréales est un sol plus ou moins humide. S'il est labouré avec un outil à disques, son taux d'humidité diminue avec le temps mais il reste plus important que le taux enregistré dans les parcelles labourées avec un cultivateur à dents

Les parcelles mises en jachère nue, sont différenciées par un très faible taux d'humidité qui est enregistré dans les parcelles travaillées avec la charrue à disques et une forte humidité est enregistrée dans les parcelles travaillées avec le cultivateur à 11 dents alourdi.

En ce qui concerne le rendement.

Le rendement de la culture du blé varie de 12.97 qx/ha à 19.01 qx/ha selon le type de précédent cultural pratiqué pendant la campagne agricole (2004/2005)d'une part et l'outil utilisé pour le labour pendant la campagne agricole (2005/2006) d'autre part.

Le résultat de cette étude indique que la jachère travaillée contribue amplement à l'amélioration des rendements, néanmoins le choix de l'outil de travail du sol a un effet important sur le rendement en grains. L'outil à disques donne les meilleurs résultats, il favorise un régime hydrique permettant le développement du blé et la réalisation d'un rendement appréciable.

Par ailleurs, les résultats montrent que la pratique de la jachère de type nue ou chaume de céréales, donne un rendement moins important au ceux enregistrés sous l'effet de la jachère travaillée. Le plus faible rendement est enregistré sous l'effet de l'interaction jachère nue / charrue à disques.

Enfin, il serait intéressant de souligner que de manière générale, la conservation du millimètre d'eau dans le sol est très importante dans les zones semi-aride pour assurer la nutrition et le bon développement des cultures. Cette conservation de l'eau est liée à différentes pratiques culturales adoptées et aux types d'outils utilisés dans ces pratiques. Ce qui amène à distinguer dans les zones semi-arides que la pratique de la jachère travaillée est la plus importante suivie par la pratique de la chaume de céréales et enfin la jachère nue. Concernant l'outil de labour, il est préférable d'utiliser la charrue à disques que le cultivateur à dents.

Références bibliographiques

A. MERMOUD (2006) Cours de physique du sol généralité école polytechnique fédérale de Lausanne pp12.
ABBAS.K (2002) système d'élevage ovin en zones semi-aride céréalière : taille d'exploitation et caractères pastorale. Edition 2002 pp50-55.
ABDESSAMED. R, 1990 : Influence du travail du sol de quelques précédents culturels sur l'évolution de l'humidité du sol et de la production d'herbe dans une région semi-aride (BATNA).
AFEISSA. K, 2000 : Influence des différentes chaînes de matériel de préparation du sol sur la qualité de lit de semence dans la région de K'SAR SBAKHI (W. OUM EL BOUAGHI). Thèse d'ingénieur. INSA. BATNA, 95 P.
ANDRE LAPEYRONIE (1982) Les productions fourragères méditerranéennes T ₁ . Edition G.P Maisson Neuse et la rose 1982 ; pp12-28.
ANKENY, M D. KASPAR, T.C, HORTON, R, 1990. Caracterization of traffic effects on unconfined infiltration measurements. Soil. Sci. Soc. Am. J. 43, pp840.
Anonyme 2005 : Carnet horticoles et botaniques du jardin botaniques de montreal ;10me edition 20p.
AUBERT. G (1978). Méthodes d'analyse des sols ; Edition CROP Marseille 2 ^{ème} trim 1978, 189 p.
AYERS .R.S WEST COTE D.W,(1988) Quantité d'eau en agriculture. bulletin FAO d'irrigation et de drainage N°29 FAO, Rome 180 p.
BAIZE. D et JABIOL. B, 1995 : Guide pour la description des sols. Edition : INRA PARIS, 375 P.
BENSID. A et LAHMAR. MS, 1990 : Evolution de taux d'humidité de trois types de sols dans la région semi-aride. Article de recherche. INES. BATNA, 16 P.
BENSID. A et LAHMAR. MS, 1990 : Evolution de taux d'humidité de trois types de sols dans la région semi-aride. Article de recherche. INES. BATNA,
BENSID. A et MONNEVEUX. P, 1989 : Projet de formation – Recherche. Développement sur le thème <<Amélioration des rendements céréaliers dans la région de BATNA (ALGERIE)>>; Lutte contre les effets de la sécheresse par une meilleure adaptation des itinéraires tolérantes. INES. BATNA (ALGERIE). ENSA. MONTPELLIER
BETOUCHE Sebti (1991) Effet de deux chaines d'outils sur quelques paramètres physiques du sol en zone aride. Thèse Ing. pédologie ; Université Ouargla.
BOIFFIN J. et MARIN .LAFLACHE A (1990) La structure du sol et son évolution, conséquences agronomique, maîtrise par l'agriculteur. Edition GB. BILLIERF Paris. 216 p.
BOUZIANE .A (2001) Influence de trois itinéraires techniques sue le rendement d'un blé dur (var.Mexicali) dans le sud de kanchela (roudjel). Thèse Ing pp11-16-17.
BOYD GIEV G.T ; 1974 : Les sols du Hodna. PNUD/ FAO Rome rapport technique N°6. 141p.
BOYD GIEV G.T(1745). Les sols du HODNA PNUD/FAO Rome rapport technique N°6 141p.
C.S.T.A Revieu (1939) Canadian scientefic and technology agricultural Revieu n°09 p30.
CABIDOUCHE .Y.M, GUILLAMP.P, OZIER-LAEONTAINE, RUY.S et VOLTZ.M. (1998) les mesures de retraits et gonflements des sols, institut d'un vertisol Ait 981, sym 2. CM. SC. S (montprllier) 7p.
CANDELON. P, 1981 : Matériel de préparation et de fertilisation des sols. Edition : J. B. Baillièrè. PARIS, 216 P.
CEDRA (1991) Lexique illustré du machinisme et des équipements agricoles, collection FORMA, Vol I. Edition LAVOISIER, France, Paris. 172 p.
CEDRA, 1993 : Matériel de travail du sol, semis et plantation. Collection FORMAGRI. Vol n° 3. Edition : LAVOISIER. FRANCE, 384 P.

CH. OLILIER ET POIREE (1981) Irrigation ; les réseaux d'irrigation théories technique et économie des arrosages. Edition Eyrolles 1981 ; 285 p.
CHARL Ofori (1994) contribution à l'étude de la capacité de rétention des sols cas de deux sols MAL GACHES thèse de doct ; 136 p.
CHARRAUX et NICOU (1971) ; Amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-Africaine et ses incidences agronomiques. L'agronomie Tropicale N° : 2009- 255.
CHOPART et NICOU (1971) Amélioration du profil cultural dans les sols sablo-argileuses de la zone tropicale sèche ouest africain et ces incidences agronomique. L'agronomie tropicale N°209-255 N° 5-565-631. N°9-903. N°11-1184-1247.
CHOUPART et NICOU (1976) influence du labour sur le développement racinaire de différentes plantes cultivées au Sénégal conséquences sur leur alimentation hydrique. Agronomie Tropical 31 (1) : 7 -28.
CHRETIEN. J (1986) Rôle du squelette dans l'organisation des sols Thèse Doct. Univ. Dijon, 367 p.
DEMELON. A, 1960 : Principes d'agronomie. Tome n° I, dynamique de sol. Edition : DU nord. 520 P.
DEMELON. A, 1966 : Principes d'agronomie. Tome n° I, dynamique de sol. Edition : DU nord. 520 P.
DENHOLM.K.A. et L. W. Schut (1983) Field manual for describing Soils in montario centre for soil resource and évaluation Guelph.
DERDOUR .H et al (ANGERES.D.A et LAVERDIER. M.R) (1993) Caractérisation de l'espace poral d'un sol argileux. effet de ses constituants et du travail du sol Can. J . Soil SCI (73) pp 299. 307.
DIEHL (1975) Agronomie générale. Edition Billiere 6 ^{eme} ed 396 p.
DJAMEL. Belaïd (1996) Aspect de l'agriculture. Edition I.N.E.S BATNA p 205 Collection des cours d'agronomie (1996).
DOMINIQUE Slotner (1985) Les grandes productions végétales céréales plants sarclées-prairies 1 ^{ere} partie 14 ^{eme} édition Collection sciences et techniques agricoles pp25-27.
DOMINIQUE Soltner (1986) les bases de la production végétale T ₁ : le sol 14 ^{eme} édition 1986 collection sciences et techniques agricoles ; 464P.
DOURENBOS. J et PRUITTWO O- Les besoins en eau des cultures, bulletin d'irrigation et de drainage N°24 F.A.O. Rome, 179P.
DUCHAUFOUR (1977) constitution et propriétés des sols édition Masson ; 460 p.
DUCHAUFOUR 1965 : Précis de pédologie 2eme édition Masson et CIE, Paris 520p.
DUCHAUFOUR. Ph, 1988 ; Pédologie, Edition. Masson, 432p.
DUCHEFOUR (1998) abrégé de pédologie (sol végétation environnement) edition ASSON n° 5 275 p.
DULCIRE. M, 1977 : Bases agronomiques de l'étude du sol et du travail du sol. Tome n° I. INA. ALGER.
DULCIRE. M, 1977 : Bases agronomiques de l'étude du sol et du travail du sol. Tome n° I. INA. ALGER.
DUTHIL (1973) Elément d'écologie et d'agronomie T _{II} . Edition GB.BILLIERE Paris 265 p.
ELIARD (1979) Manuel d'agriculture générale. Edition GB.BILLIERE Paris 33 p.
ERIC. Thibault (2000) les outils de travail primaire leur impact sur les sols ; club-techno-champ 2000 et plein terre Sherrington (conférence). Edition CRAAQ.
ERROUX, 1974 : Agronomie méditerranéenne.
ERROUX, 1974 : Agronomie méditerranéenne.
F. A. O, 1972 : Méthodes et machines pour la préparation du sol et de semis dans les zones semi-arides.
F. DETRAUX et O. OESTGER (1979) La mécanisation des travaux agricoles les presses agronomiques de Gembloux A.S.B.L. pp : 213, 217, 224, 228.
FEIS .J.S (1984) Analyse de la répartition du volume des pores dans les assemblages

argiles –squelettes. Comparaison entre un model d'espace poral textuel et les donnes fournis par la prosimètre au mercure Agro.vol 4 (9). pp 891. 899.
FEODOROFF. a, 1962. Ressuyages du sol et capacité de rétention pour l'eau Ann. Agronomie .13 (6) pp.523-547.
FISHER R.A. et MAURER .R (1978) Drought resistance in spring wheat cultivars, grains yield reponse. Aust, jour ; agric. res 29 : 89 F – 912.
FRYREAR et SKIDMOR (1985) Méthods for controlling wind érosion. In soil érosion and soil productivity. RF follet and B.Estewart. Edition ASA- CSSA- SSSA- 677 South segoe road madison SBA WI 537, USA.
GARCIA DELMORAL et RAMOS (1992) Identification des paramètres morphologiques d'adaptation au contrainte environnementales, adaptation de l'orge dans le sud de l'Espagne colloque N° 64, Montpellier France.
GAUCHER. G, 1968 : Le sol et ses caractéristiques agronomiques. Edition : DUNED. PARIS, 579 P.
GAUCHERB (1968) le sol et ses caractéristiques agronomiques. Edition DUNED. Paris 597 p.
GOUROU P. 1982 : Terres de bonne espérances- Le monde tropical ; Col. Terre Humaine. Paris. 456P.
GRAS (1972) effets des éléments grossiers sur la dynamique de l'eau dans le sol sableux. I- Comportement des éléments grossiers vis-à-vis de l'eau Ann.Agro. 23 (2), pp 239.
GRILLOT. G, 1950 : La jachère et l'humidité des sols au MAROC. Trans. Of the international congress of soil. Vol n° I. AMSTERDAME.
HAMOUDI.T (1983) effet des sels sur les caractéristiques hydriques d'un sol. Thèse Ing. Agronomie El Harrach Alger.
HEARD, J. R, KLADIVKO, E.J, MANNERING, J. V., 1998. Soil macroporosity, hydraulic conductivity and permeability of silty soils under iong-term conservation tillage in Indiana. Soil Tillage Res. 11, pp18.
HENIN S ; 1974 : Le profil cultural Ed MASSON, 326p.
HENIN S ; 1977 : Cours de physique du sol Série O. R.S.T.O.M Tome I et II
HENIN, J.R. GRAS, R., MONNIER, G. 1969. Le profil cultural : l'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. Paris, Masson, 332p.
HENIN. S, 1969 : Le profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques.2 ^{ème} édition. Edition MASSON et CIE. PARIS, 332 P.
HEUZ. G (1962) Les assolement et les systèmes de culture Hachette Paris, 534 p.
HEUZE G, 1962. Les assolements et les systemes de culture. Hachette Paris, 534.
HILLEL D ; 1974 : L'eau et le sol, principes et processus physiques. Ed. VANDER, 288p.
HILLEL. D, 1974 : L'eau et le sol, principe et processus physique, edition Vander, 1974, pp256.
HUARD (1984) Encyclopédie agricole pratique. Edition Agri, Nathan, Paris.
I.T.C.F MASSE.J.MARS (1988). Céréale a pailles fiche 020 II détermination des composants de rendement de céréale a paille dans les parcelles d'essai méthodes préconiser par ITCF.
ITGC, 1992 : les bilons de la filière agrotechnie (synthèse sur sept années).
J.L CHOPART (1993) Optimisation de l'alimentation hydrique du maïs et du cotonnier par les techniques culturales dans les zones à pluviosité irrégulière, Note technique IDESSA. BP 633 Bouak2 RCI p 51.
JAQUES BAUCHAMP (1989) sédimentologie édition CRDP Grenoble. 545P.
JAQUET. F ; 1993 Demeter 93, Economie et strategie agricoles A.Colin Paris pp15-73.
JEAN. LOUIS CHOUPART (1989) Méthodes d'étude d'enracinement à mettre en œuvre dans le projet de recherche R35 2 note technique recommandation idessa B.P 633 Bouaké cote d'ivoire 16 p.
JEASON. C (1971) Etude expérimentale de l'action des vers de terre sue les sols artificiels. La vie dans les sols l'étude expérimentale pp 211- 279.

JOURDAN O, 1983 : Contribution à l'étude de la capacité de rétention en eau des sols cas de deux sol MALGACHES. Thèse Doct. 136p.
KAACHAI. S (2001) contribution à l'étude du comportement hydro physique des sols du périmètre irrigué de l'ITDAS, dans la plaine de l'Outaya (w. Biskra) Thèse Mag.Univ. Batna 178 p.
KHERAT (1992) céréaliculture, la volonté et la vente el arth 16 :34-38.
KRIBAA.M (2003) effet de la jachère sur les sols en céréaliculture pluviale dans les zones semi-aride méditerranéennes cas des hautes plaines setifiennes en Algérie. Thèse Doct. Université I.N.A. (2003) 121 p.
LAHMAR. M, 1989 : Influence de quelques précédents culturaux sur l'évolution de l'humidité d'un type de sol d'une région semi-aride (BATNA). Thèse d'ingénieur. INSA. BATNA.
LASNIER. L et LACHAISE, 1973 : Agronomie nouvelle. Edition : FLAMMERJON. PARIS, 317 P.
LAUMONT .P (1952) Rapport annuel service de l'expérimentation agricole en Algérie pp 209, 233.
LAUMONT .P (1954) Rapport annuel service de l'expérimentation agricole en Algérie pp 209, 222.
LAUMONT .P (1964) Hersage et roulage en Algérie. Document et renseignement agricoles. pp 79, 8, 9.
M.C Calla et Army.T.J (1961) « stubble mulch farming ». Advances in agronomy. pp 125.196
MAHIOU S; 1996. Contribution à l'étude de la capacité de retention en eau des sols sahariens, cas de la région de ZERIBET El OUED (W. BISKRA) Thèse Ing. INSA BATNA. 45p
MAILTO. ICRAFSN (2005) des jachères améliorées pour les agriculteurs africains. pochette 76, numéro 3 Octobre 2005.
MANICHON, H, Roger-Estrade, J, 1990. Caractérisation de l'état structural et étude de son évolution à court et moyen terme sous l'action des systèmes de culture. In « Systèmes de culture ». Les Colloques de L'INRA, Paris.
MEZIANI (1985) Influence du tallage sur la production d'un blé tendre d'hiver. Thèse D.E.A. 78 P.
MICHEL C .klaïji (1994) cours de formation FAO organisation des nations unis pour l'alimentation et l'agriculture 13 Juillet 1994.
MICHEL VILAN (1989) La production végétale T ₂ la maitrise technique de la production. Edition Lavoisier Tec et Doc (1989) pp : 23, 24, 35, 36, 39.
MONNEVEUX. P, 1989 : Le système de culture sur jachère au zone méditerranéenne : Etude historique et essai d'analyses de fonctionnement. Polycope 34060. MONTPELLIER – Cedex.
MONNIER. G, 1991 : Simplification du travail de sol. Edition : J. B. Bailliére. PARIS, 172 P.
MOREL. R, 1996 : Les sols cultivés. 2eme Edition : lavoisier Tec et Doc . PARIS, 389 P.
N. KATCHINSKI (1983) in KAOURITCHEV (1983) Manuel pratique de pédologie édition MIR.MOSCOU 270 p.
NAKIB (1986) Contribution à l'étude de l'influence de l'humidité du sol et de vitesse de travail sur les indices quantitatifs du labour et la force résistante à la traction. Thèse Mag I.N.A Alger.
NICOU et al (1993) Tillage and soil physical proprieties in semi-aride West Africa. Sopil and tillage research pp 125-147.
NICOU. R(1977) le travail dans les terre exondées du Sénégal; Motivation, contrainte. Doc-mult ISRA CNRA, Bambey, Sénégal. 52 p.
OESTGES (1994) la mécanisation des travaux agricole Tome I. Edition GONBLOUX, Belgique. 248 p.

OLLIER C (1981) ; Assainissement agricole drainage par tuyaux et fossés, Aménagement des cours d'eau et émissaires. Paris, 539p.	
P. D. A. U, 1997 : Projet de P. D. A. U (Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme) de la commune de OUYOUN EL ASSAFER (W. BATNA). Phases I et II.	
PAPY F ; BOIFFIN J ; 1989 ; Soil Technology series 1, Catena-verlag D-3302 Cremlingen-Destedt, 29-38.	
PAPY. F, BOIFFIN J. 1989 soil technology séries 1, Catena-verlag, D.3302 Cremlingen Dested, 29-38 pp.	
PERRIER.A (1973) Bilan hydrique de l'assolement blé jachère et évaporation d'un sol nu en région semi-aride. Plant réponse to dinamic factors; Ecology and conservation UNESCO pp 477, 487.	
PETER Schut (2001) physical propriétés of soils.	
RAMAD, 1984 : Elément d'écologie. Ecologie fondamentale MC. GROW MILL ed. Paris 397p.	
RIOU (1990) l'eau et les sols dans les géo-système tropicaux, édition Tec et Doc ; 240 p.	
ROCHE (1977) réserve d'eau souterraine Etymologie et histoire. Edition Masson. Paris 17 ^{ème} édition ; 464 p.	
ROGER GONDE, MICHEL JUSSIAUX (1957) Cours d'agriculture moderne 9 ^{ème} edition de la maison Rustique.	
ROGER Gonde, Michol Jussiaux (1957) Cours d'agriculture moderne 9 ^{ème} edition de la maison Rustique.	
ROWEL (1994) soils sciences méthodes and application Longman.	
SAGNE J. (1950) l'Algérie pastorale : ses origines, sa fonction, son passe, son présent, son avenir, Edition J.SAGNE Imp Fontana, 1950. 216 p.	
SAHOUAN. A (1989) Analyse comparative de l'influence de trois chaines d'outils aratoire sur les indices énergétiques et technico- économiques de la préparation du sol. Thèse Ing I.N.A. Alger.	
SAYED Taleb (2001) le Sol Système Vivant.	
SCHL (2004) Société canadienne d'hypothèque et de logement « Etude du sol ».	
SEBILLOT. ; SOPHIE.A, THIERRY.D ; JAEN M.M (1993) La jachère et ses fonctions organiques économiques et environnementales diagnostiques actuel, Dossier de l'environnement. Edition INRA n°27 136 p.	
SELVARAJU, R, RAMASWAMI, C, 1997. Evaluation of fallow management practices in a rainfed vertisol of peninsular India. Soil Tillage Res. 43, 333pp.	
SOLTNER. D, 1986 : Les bases de la production végétale : le sol – le climat – la plante. Tome n° I, le sol. 14 ^{ème} édition. Collection scientifique et techniques agricole. Edition : VANDER. BRUXELLE. PARIS, 464 P.	
SOLTNER. D, 1989 : Les bases de la production végétale : le sol – le climat – la plante : phytotechnie générale (Tome 1 : le sol 17 ^{ème} édition. Collection scientifique et techniques agricole. Edition : VANDER. BRUXELLE. PARIS, 464 P.	
TEISSIER. D (1984) Etude expérimentale de l'organisation des particules argileux : hydratation, gonflement et structuration ay cours de la dessiccation et de la réhumectation. Thèse Doct. Es-Sci-Univers. Paris VII. 361 p.	
TISSIER D ; PEDRO G ; 1976 : Les modalités de l'organisation des particules dans les matériaux argileux. Sciences du sol II. Pp 85- 100.	
TRIBOI E (1986) la maitrise du rendement quantitatif et qualitatif chez le blé colloque, franco –roumain –dément –FR la formation du rendement de la culture céréalière 296-30.	
VANNIER.G (1971) Exemple d'une étude écologique. les microarthropodes et l'état hydrique du sol. La vie dans les sols (étude expérimentale). pp 111-146.	
WIKIPEDIA 2005 Encyclopédie Libre.	
WILLEM Hoogmed (1992) Travail du sol limites techniques de conservation des eaux et sols dans les payes du sahel J.C.I vlaa, Edition CIEH, Burkina-Faso et université	

Agronomie.wageningen pays Bas pp 27 , 43.
YANKOVICH (1956) Résultats de 22 années d'expériences dans les cases symétriques et cases de végétation du service botanique et agronomique de Tunisie. Annales du SBAT, 29 n° spéciale.
YANKOVITCH L; 1956; ANN du sbat , TUNIS, N°29. 223P

Annexe n° 01 : Tableau des données de la pluviométrie en (mm)
(Station AIN SKHOUNA – BATNA).

Années	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec
1980	15.6	39.6	57.9	38.0	54.8	0.7	0.1	12.8	59.2	9.9	68.3	87.6
1981	5.7	29.6	34.8	10.80	6.3	11.7	00	12.5	28.4	28.5	2.8	20.6
1982	23.9	26.8	39.7	91.6	44.6	52.20	3	13.9	64.8	43.5	117.5	21.0
1983	1.5	20.0	25.0	6.0	7.7	18.1	5	11.4	51.3	13.2	11.1	12.7
1984	42.2	83.8	17.6	31.5	0.7	13.8	00	28.2	4.9	80.9	6.7	47.9
1985	55.4	16.3	100.3	17.0	82.2	0.1	00	00	94.8	52.0	48.6	22.8
1986	46.4	14.6	37.2	18.1	16.5	19.7	3	4.8	65.6	31.3	23.0	29.2
1987	25.1	38.0	14.5	14.3	26.9	14.5	56.3	0.1	13.8	24.1	27.3	61.5
1988	4.00	6.3	17.1	19.7	15.9	36.7	1.8	9.6	13.8	6.3	28.8	90.9
1989	9.2	27.6	14.5	39.6	40.8	93.9	3.3	63.4	39.2	4.7	3.7	20.4
1990	129.6	00.0	53.7	90.6	117.1	7.9	18.0	14.3	44.2	8.0	44.3	42.2
1991	5.0	30.5	103.2	50.8	63.8	28.0	40.4	4.6	21.1	84.2	14.9	13.5
1992	36.0	24.4	63.4	46.6	63.4	2.0	12.8	1.2	38.2	13.2	77.4	60.1
1993	11.7	47.0	27.0	4.6	30.1	11.2	0.9	0.8	4.8	4.6	22.6	39.3
1994	16.4	25.9	37.5	16.5	10.7	00.00	1.8	1.9	121.2	37.3	8.5	9.1
1995	46.2	12.5	30.3	8.8	20.3	44.8	5.8	4.7	63.5	38.7	5.4	20.4
1996	97.5	87.3	60.5	43.3	40.2	27.6	6.8	19.8	14.5	5.4	5.6	16.2
1997	25.7	5.4	12.5	51.7	5.7	34.5	6.9	9.6	137.2	33.9	93.4	52.5
1998	14.0	19.1	13.0	58.6	31.1	14.2	n	16.6	19.5	13.4	27.2	15.2
1999	61.7	16.9	15.1	10.5	13.6	12.1	6.2	17.4	438	36.4	74.6	63.6
2000	6.0	2.7	4.6	3.6	38.8	7.3	2.9	22.5	53.9	5.5	15.2	46.6
2001	40.6	16.3	5.0	8.1	48.6	00	10.3	19.3	69.1	19.2	18.9	9.3
2002	15.5	14.2	16.8	36.5	28.2	11.0	6.5	9.5	30.00	22.9	70.0	35.2
2003	89.1	19.6	22.8	112.6	32.7	42.1	8.1	18.1	34.1	100.3	15.1	48.7
2004	21.1	13.6	78.5	64.2	10.40	63.8	4.5	00	9.8	5.2	10.9	91.7
2005	5.2	28.7	19.5	32.8	3.0	24.1	15.6	n	6.1	2.1	10.7	37.0
2006	49.1	46.2	0.6	48.6	67.3	33.8	12.6	11.6	36.4	0.7	28.7	22.0
M	34.05	27.03	45.10	38.32	36.93	23.23	10.81	12.07	59.75	44.36	33.70	38.39

Annexa n° 02 : Tableau des données de la température en (°C)**(Station AIN SKHOUNA – BATNA).**

Années	janv	fev	mars	Avril	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec
1980	5	6.8	8.1	9.7	13.4	21.7	24.4	25.8	20.9	13.2	9.5	3.7
1981	3.3	5.3	11.8	13.4	18.0	22.9	24	23.6	20.1	16.5	8.7	7.7
1982	6.9	6.4	8.2	10.6	16	23.8	27.9	25.7	21.1	14.7	9.1	4.7
1983	4.7	5.3	8.5	13.8	17.6	22.4	26.8	26.1	21.1	14.8	11.3	6.2
1984	5.8	4.7	7.3	13.0	15.6	22.3	26.2	24.3	20	12.9	10.1	5.7
1985	3.4	9.2	6.6	13.0	15.2	24.4	27.3	25.1	19.8	14.3	11.1	6.3
1986	4.7	6	7.7	10.8	19	21.7	24.6	26.4	20.5	14.8	8.7	5.1
1987	4.4	6	8.5	14.2	16.1	23.2	26.1	26.9	22.9	17.9	9.1	8.3
1988	7.7	6.5	8.2	13.6	19.4	22.2	27.4	26.1	20.2	17.5	11.2	4.5
1989	3.5	7	10.9	12	17.6	20.5	25.1	28.2	22	16.2	12.9	10.5
1990	6.3	8.1	10.1	12.2	17.1	24.6	24.4	22.7	23.9	17.6	11.1	4.5
1991	4.1	5.6	10.9	10.1	13.4	21.8	24.7	24.7	22	15.8	9.5	4.6
1992	3.7	5.7	8.5	10.9	15.6	19.9	22.9	24.8	21.9	17.1	9.5	6.9
1993	4.4	5.4	7.7	11.8	17.7	24.1	26.3	25.9	21.6	18.1	10.1	6.4
1994	6.7	7.7	10.6	10.8	21	23.2	25.9	27.7	22.9	16.3	11.1	6.5
1995	5.3	8.9	8.5	11.3	18.7	22.6	26.4	24.1	20.5	15.7	10.5	9.2
1996	8.6	6.2	9.8	11.9	16.8	20.1	25.4	26.4	19.1	13.7	11.5	9.5
1997	7.5	8.1	8.5	12.3	20.3	25.9	26.6	25.3	20.4	15.8	11.1	7.4
1998	6.2	7.2	8.5	13.9	16.6	23.6	26.8	25.7	23	14.6	10.00	6.8
1999	6.7	5.2	9.5	13.6	21.6	25.7	26.1	29.3	19.2	15.8	9.9	6.8
2000	3.8	7.3	11	15	22.9	27.1	25.8	22.2	20.5	15.5	11.3	8.2
2001	7.3	6.7	14.4	12.8	18.8	24	27.7	26.7	22.5	20.3	10.6	5.8
2002	5.3	8	11.4	14.8	19	24.4	26.6	25.5	21.2	17.2	11.7	8.3
2003	6.1	6.1	10.1	13.9	16.3	24	28.3	26.6	21.4	18.7	11.5	6.2
2004	6.1	8.3	10.4	11.6	15	21.1	25.5	27.5	21.1	19	9.3	7.1
2005	3.4	4.2	10.8	13.4	15.2	23.9	28.1	25.5	21.2	16.8	10.7	6.00
2006	4.5	6.3	10.9	15.7	20.1	24.7	26.5	25.8	20.4	18.6	11.2	7.3
M	5.39	6.6	9.53	12.59	17.6	23.18	26.07	25.7	21.63	16.3	10.5	6.67

Annexe n° 03 : Tableau des dimensions des cylindres métalliques.

N° cylindre	Hauteur (cm)	Diamètre (cm)	Volume (V) = (D/2)². 3,14 .H en (cm³)
01	4.30	5.39	90.06
02	4.38	5.40	100.26
03	4.30	5.48	101.36
04	4.27	5.41	98.10
05	4.39	5.44	101.98
06	4.32	5.45	100.72
07	4.30	5.42	99.16
08	4.27	5.46	99.92
09	4.34	5.41	99.71
10	4.39	5.47	103.11
11	4.27	5.49	101.02
12	4.32	5.47	101.46
13	4.24	5.41	97.41
14	4.35	5.33	97.00
15	4.23	5.43	97.90
16	4.35	5.47	102.17

**Annexe n° 04 : Tableau des résultats de la densité apparente (Da en g/cm³)
des trois prélèvements.**

traitements		parcelles	1 ^{er} prélèvement	2eme prélèvement	3eme prélèvement
Chaumes de céréales	Charrue à disques	P2	1.084	1.152	1.550
		P9	1.621	1.790	1.559
		P11	1.272	1.780	1.630
	Cultivateur à dents	P3	1.297	1.811	1.504
		P8	1.077	1.573	1.605
		P16	1.069	1.599	1.455
Jachère travaillée	Charrue à disques	P7	1.069	1.700	1.580
		P13	1.268	1.778	1.760
		P15	1.649	1.857	1.665
	Cultivateur à dents	P5	1.140	1.624	1.561
		P12	1.493	1.772	1.572
		P14	1.688	1.732	1.553
Jachère nue	Charrue à disques	P1	1.318	1.672	1.418
		P6	1.044	1.720	1.540
		P17	1.354	1.693	1.602
	Cultivateur à dents	P4	1.150	1.746	1.519
		P10	1.158	1.724	1.733
		P18	1.031	1.680	1.576

Annexe n° 05 : Tableau des résultats de la porosité (%) des trois prélèvements

traitements		parcelles	1 ^{er} prélèvement	2 ^{eme} prélèvement	3 ^{eme} prélèvement
Chaumes de céréales	Charrue à disques	P2	58.42	41.16	40.38
		P9	37.63	31.13	40.00
		P11	51.04	31.52	37.30
	Cultivateur à dents	P3	50.08	30.32	42.13
		P8	58.57	39.46	38.23
		P16	58.88	38.46	44.03
Jachère travaillée	Charrue à disques	P7	58.86	34.60	39.22
		P13	51.21	31.60	32.28
		P15	36.55	28.54	35.96
	Cultivateur à dents	P5	56.11	37.53	39.94
		P12	42.55	31.81	39.53
		P14	35.05	33.37	40.23
Jachère nue	Charrue à disques	P1	49.28	35.69	45.44
		P6	59.82	33.84	40.74
		P17	47.90	34.86	38.38
	Cultivateur à dents	P4	55.76	32.81	41.55
		P10	55.45	33.68	33.31
		P18	60.33	35.36	39.35

Annexe n° 06 : Tableau des résultats de la capacité de rétention (CR en %)
des trois prélèvements.

traitements		parcelles	1 ^{er} prélèvement	2 ^{eme} prélèvement	3 ^{eme} prélèvement
Chaumes de céréales	Charrue à disques	P2	28.91	28.82	26.76
		P9	27.11	28.30	20.53
		P11	32.70	26.09	25.47
	Cultivateur à dents	P3	27.58	31.18	23.49
		P8	27.83	26.52	23.21
		P16	26.27	30.35	18.38
Jachère travaillée	Charrue à disques	P7	24.84	34	25
		P13	20.17	24.73	19.80
		P15	25.07	27.93	19.86
	Cultivateur à dents	P5	24.30	33.68	22.35
		P12	23.41	26.73	21.51
		P14	24	28.26	23.94
Jachère nue	Charrue à disques	P1	30.20	28.06	24.09
		P6	25	28.50	24.68
		P17	20.17	31.17	22.04
	Cultivateur à dents	P4	28.08	15.45	24.39
		P10	28.99	32.33	22.30
		P18	22.53	27.96	20.49

Annexe n° 07 : Tableau des résultats du point de flétrissement (pF4.2 en %) des trois prélèvements.

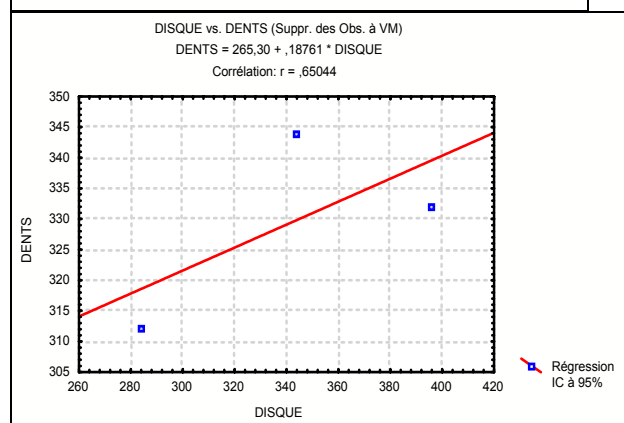
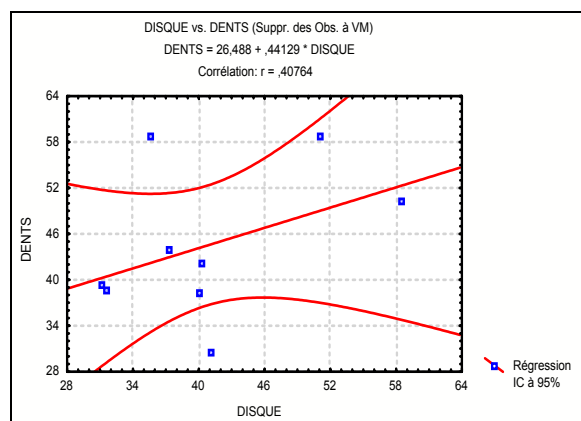
traitements		parcelles	1 ^{er} prélèvement	2 ^{eme} prélèvement	3 ^{eme} prélèvement
Chaumes de céréales	Charrue à disques	P2	15.61	15.56	14.45
		P9	14.63	15.28	11.08
		P11	17.65	14.09	13.75
	Cultivateur à dents	P3	14.89	16.83	12.68
		P8	15.02	14.32	12.53
		P16	14.18	16.38	9.93
Jachère travaillée	Charrue à disques	P7	13.41	18.36	13.5
		P13	10.89	13.35	10.69
		P15	13.53	15.08	10.72
	Cultivateur à dents	P5	13.12	18.18	12.07
		P12	12.64	14.43	11.61
		P14	12.96	15.26	12.93
Jachère nue	Charrue à disques	P1	16.31	15.15	13
		P6	13.5	15.39	13.32
		P17	10.89	16.83	11.90
	Cultivateur à dents	P4	15.16	8.34	13.17
		P10	15.65	17.46	12.04
		P18	15.40	15.10	11.06

Annexe n° 08 : Tableau des résultats du végétal.

Traitements		Nombre de plants /m ²	Nombre de talles /m ²	Nombre d'épis/ m ²	Nombre de grains/m ²	Nombre de grains/ épi	PMG	Rendements
Chaume de céréales	Charrue à disques	220	396	284	3900	13.73	34.41	13.41
		188	344	240	4080	17	38.71	15.79
		156	284	196	3564	18.18	36.52	13.01
	Cultivateur à dents	200	332	216	3576	16.55	39.36	14.07
		188	344	208	3500	16.82	37.57	13.14
		228	312	208	3172	15.25	39.78	12.61
Jachère travaillée	Charrue à disques	220	296	264	4868	18.43	40.88	19.90
		224	340	280	4492	16.04	37.20	16.71
		268	476	348	5920	17.01	34.52	20.43
	Cultivateur à dents	212	356	272	4856	17.85	40.12	19.48
		196	336	224	4308	19.23	40.32	17.36
		216	336	176	3508	19.93	39.71	13.93
Jachère nue	Charrue à disques	188	420	232	3684	15.87	32.70	12.04
		192	344	196	3240	16.53	35.42	11.47
		256	336	196	4476	22.83	34.43	15.41
	Cultivateur à dents	168	356	268	4236	15.80	39.52	16.74
		264	396	216	3464	16.03	37.88	13.12
		320	420	296	3780	12.77	37.20	14.06

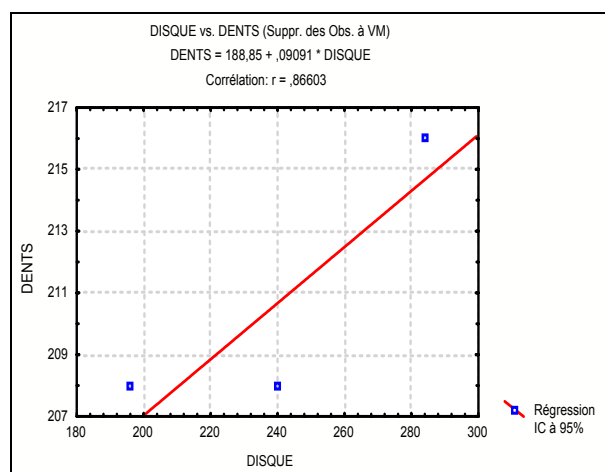
Annexe n° 09 : La matrice de corrélation pour le comptage du végétal.

Les parcelles ayant une chaume de céréales comme précédent cultural.

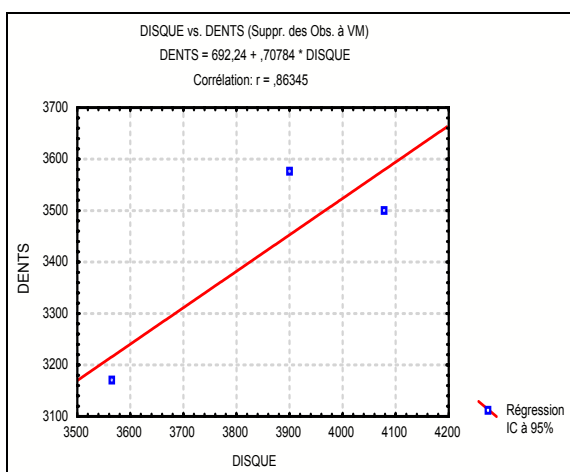


Le nombre de plant/m²

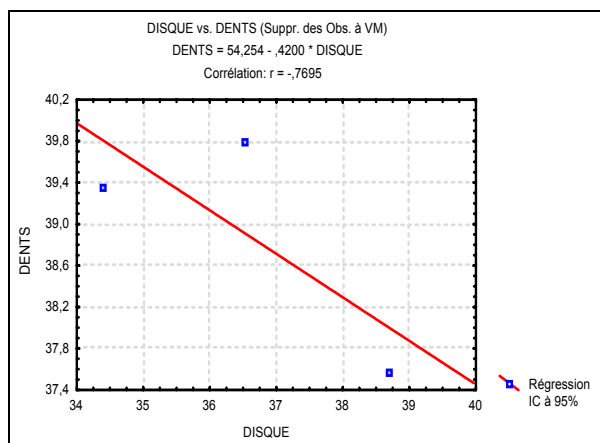
Le nombre de talles/m²



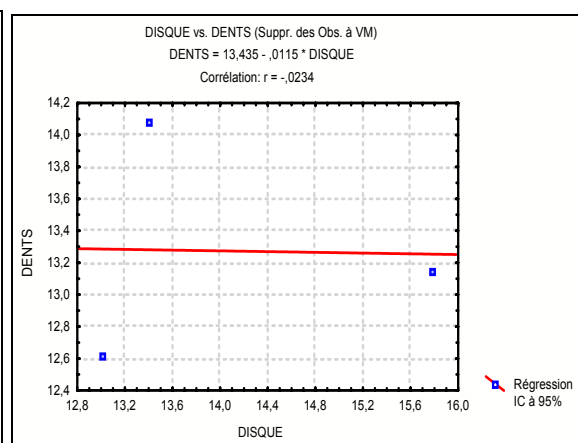
Le nombre d'épis/m²



Le nombre de grains/m²

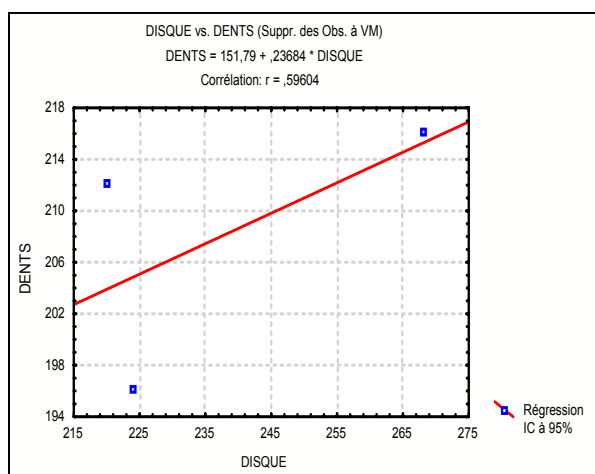


Poids de 1000 grains (PMG)

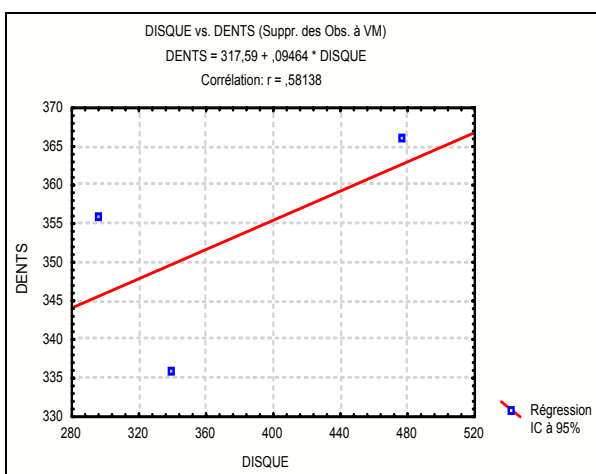


le rendement en grains

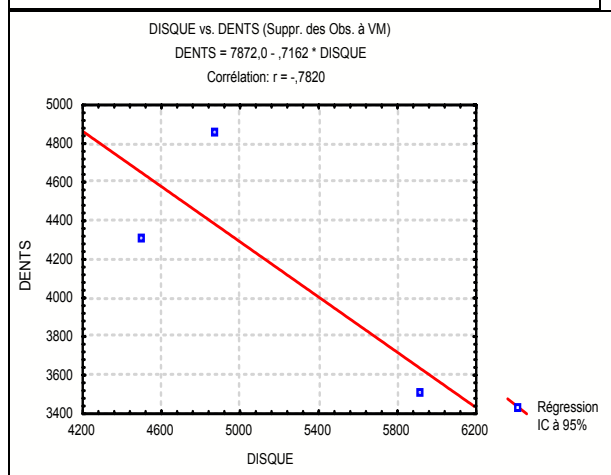
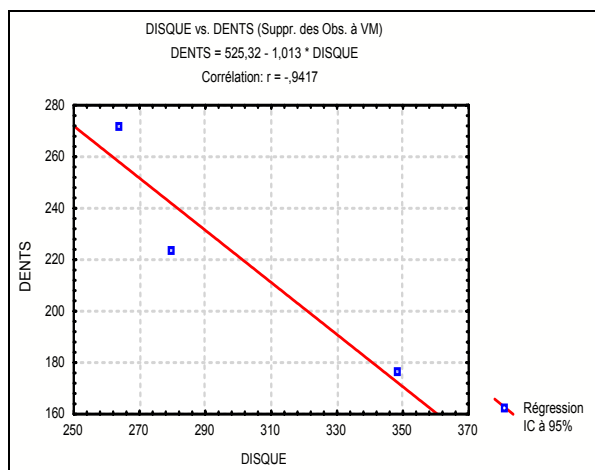
Les parcelles ayant une jachère travaillée comme précédent cultural.



Le nombre de plant/m²

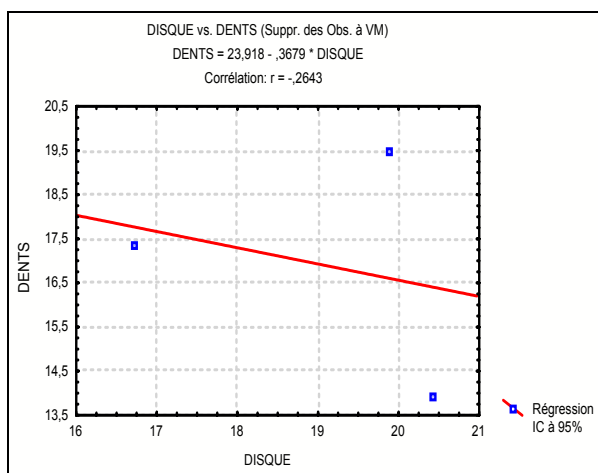
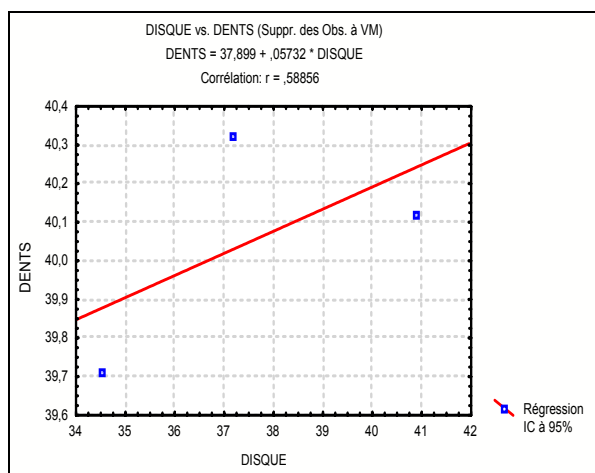


Le nombre de talles/m²



Le nombre d'épis/m²

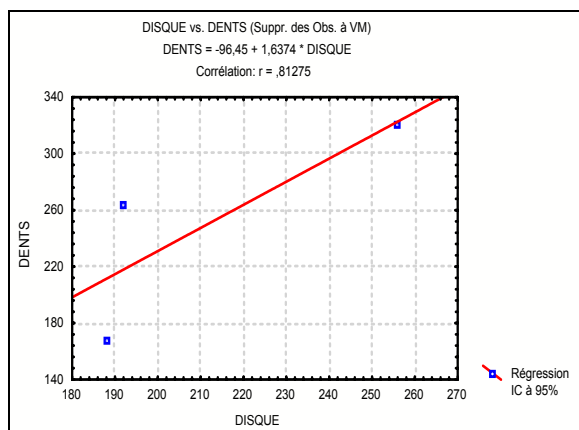
Le nombre de grains/m²



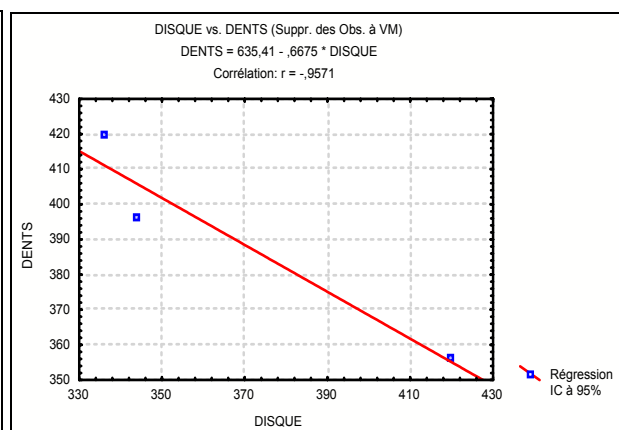
Poids de 1000 grains (PMG)

Le rendement en grains

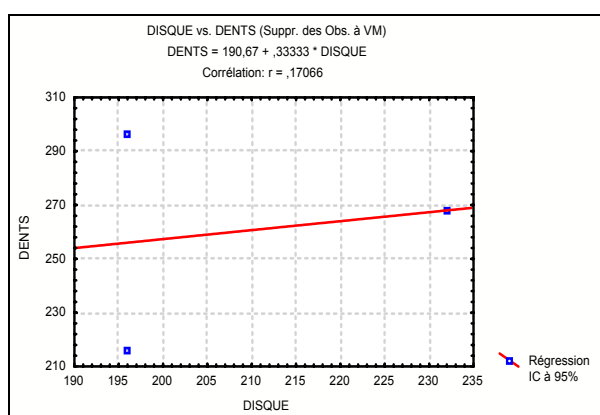
Les parcelles ayant une jachère nue comme précédent cultural.



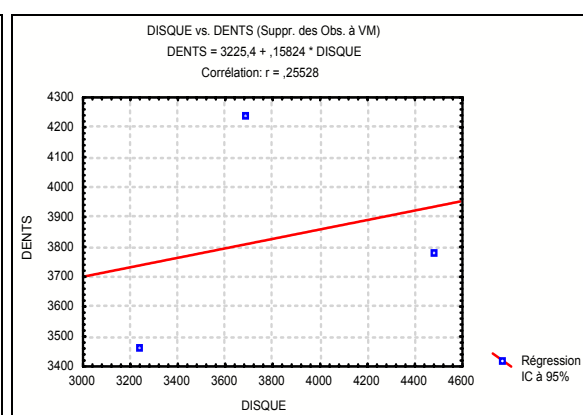
Le nombre de plant/m²



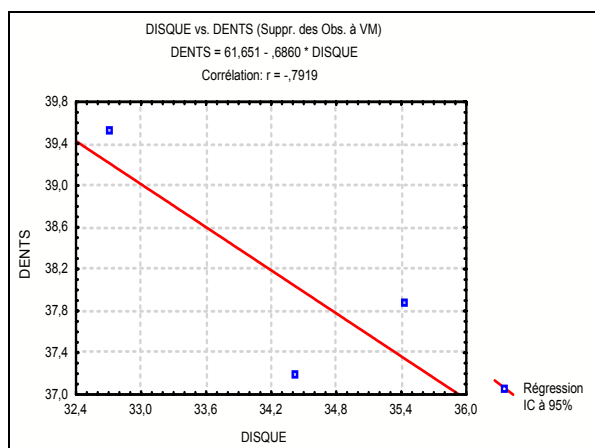
Le nombre de talles/m²



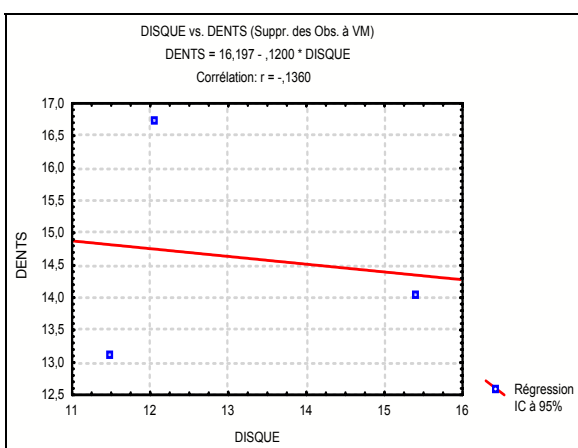
Le nombre d'épis/m²



Le nombre de grains/m²



Poids de 1000 grains (PMG)



Le rendement en grains

Annexe n° 10 : vue générale d'une parcelle mise en jachère travaillée et labourée avec une charrue à disques (stade pleine tallage).



Annexe n° 11 : Vue générale d'une parcelle mise en jachère nue et labourée avec une charrue à disques (stade pleine tallage).



Annexe n° 12 : vue générale d'une parcelle mise en jachère travaillée et labourée avec un cultivateur à dents alourdi (stade pleine tallage).



Annexe n° 13 : vue générale d'une parcelle mise en jachère travaillée et labourée avec une charrue à disques (1).



(2)



Annexe n° 14 : vue générale d'une ayant comme précédent cultural une chaume de céréales et labourée avec une charrue à disques.



Annexe n° 15 : vue générale d'une parcelle mise en jachère nue et labourée

avec un cultivateur à dents alourdi.



Annexe n° 16: vue générale d'une parcelle mise en jachère nue avant le labour.



Annexe n° 17 : vue générale d'une parcelle ayant comme précédent cultural une chaume de céréales et labourée avec un cultivateur à dents alourdi (profondeur de labour).



Annexe n° 18 : vue générale de l'opération du semé



Annexe n° 19 : Le comptage du végétal (nombre de grains/ épi).

