

# UNIVERSITE DE BLIDA 1

Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie

Département De Biotechnologie

## MEMOIRE DE MAGISTER

En Sciences Agronomiques

Spécialité : Amélioration des productions végétales

IMPACT DU SEMIS DIRECT ET DES PRÉCÉDENTS CULTURAUX  
SUR LA CULTURE DE BLÉ DUR, L'ÉVOLUTION DE LA FLORE  
ADVENTICE ET LES PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUE DU SOL EN  
ZONE SEMI ARIDE

Par

**FORTAS Bilal**

Devant le jury composé de :

M.BENMOUSSA	Professeur, U.S.D. Blida 1	Président
A. BOUTEKRABT	Professeur, U.S.D. Blida 1	Promoteur
A. MEKHLOUF	Maitre .C.A, U.F.A. Sétif 1	Co-promoteur
H.BOUZERZOUR	Professeur, U.F.A. Sétif 1	Examineur

Blida, Mai 2015

## RESUME

L'objectif de l'étude traite l'effet de cinq précédents culturaux (blé (B), orge(O), lentille(L), jachère chimique (JC) et une association fourragère (pois/triticales) (AF)) sur les caractéristiques du sol et le comportement de la culture du blé dur (*Triticum durum*, Desf.), variété Bousselam conduite en semis direct. L'expérimentation a été conduite sur une parcelle appartenant à l'Entreprise Agricole Collective (EAC) MANSOURI EL-KHEIR (Sétif), durant la campagne agricole 2013/2014. Les résultats indiquent que le traitement B/B favorise l'emmagasinement de l'eau en profondeur grâce à la présence d'un couvert végétal (mulch) qui joue un rôle important dans le maintien de l'humidité et de la réduction de l'évaporation de l'eau. Les rotations : JC/B, association fourragère (AF/B), L/B montrent un avantage marqué pour tous les caractères liés à la culture : le rendement biologique, la hauteur des plantes, le poids de mille grains et la teneur en chlorophylle. L'étude des corrélations montre que la teneur en chlorophylle est significativement et positivement corrélée avec le peuplement départ ( $r=0.581$ ), la hauteur des plantes ( $r=0.649$ ), le nombre d'épis/m<sup>2</sup> ( $r=0.650$ ), la biomasse aérienne ( $r=0.728$ ), le rendement paille ( $r= 0.727$ ) et le rendement en grains ( $r=0.785$ ). L'estimation du stock semencier a révélé la présence de huit espèces de plantes adventices, présentes dans tous les traitements étudiés. L'analyse de la variance révèle un effet précédent non significatif sur les espèces adventices recensées. Ceci indique que les rotations réalisées durant la campagne précédente, n'ont induit aucune variation dans le cortège floristique de la parcelle.

### Mots clés

Semis direct, précédent cultural, blé dur, flore adventice, sol, rendement et composantes.

## ABSTRACT

The objective was to study the effect of five crop precedents (wheat, barley, lentil, chemically fallow and forage association) on soil characteristics and the behavior of durum wheat (*Triticum durum* Desf.), Bousselam variety under direct seeding. The experiment was conducted out at the field belong to the collective agricultural establishment (EAC) of MANSOURI EL-KHEIR (Setif), during the 2013/2014 cropping season. The results indicate that the precedent wheat provides better water storage due to the presence of residue cover (mulch) that play an important role in maintaining soil moisture and minimizing evaporation. The precedents: chemically fallow, forage association and lentil show a marked advantage for all traits related to wheat crop: biological yield, plant height, thousand grain weight and chlorophyll content. Correlation studies revealed that the chlorophyll content is significantly and positively correlated with the initial emergence ( $r = 0.581$ ), plant height ( $r = 0.649$ ), number of spikes/m<sup>2</sup> ( $r = 0.650$ ), above ground biomass ( $r = 0.728$ ), straw yield ( $r = 0.727$ ) and grain yield ( $r = 0.785$ ). The estimated weed seedbank highlights the presence of eight species, all of them are found in all treatments (precedents). ANOVA analysis revealed a non-significant effect of treatment effects on weed species identified. This indicates that crops rotations performed in the previous year, has not induced high changes in the floristic composition of the plot.

### Keywords

No Till, precedent, durum wheat, weed, soil, yield and yield components.

## الملخص

الهدف من هذه الدراسة يتناول تأثير خمسة محاصيل سابقة (القمح ,الشعير ,العدس ,البور الكيميائية و مزيج العلف) على خصائص التربة وسلوك القمح الصلب ، صنف بوسلام تحت نظام البذر المباشر. وقد أجريت التجربة على قطعة أرض تابعة لشركة الزراعة الجماعية منصورى-الخير (سطيف) خلال الموسم الزراعي 2014/2013 م. وتشير النتائج إلى أن القمح يخزن المياه بشكل جيد في التربة وذلك بفضل وجود الغطاء النباتي (المهاد) التي تلعب دورا هاما في الحفاظ على الرطوبة والحد من تبخر المياه. الدورات الزراعية البور الكيميائية/قمح, ا لقمح و مزيج الأعلاف من جلبانة عافية و تريتيكال/ قمح، عدس/القمح تظهر ميزة ملحوظة لجميع الخصائص ذات الصلة بالمزروع القمح الصلب: محصول البيولوجي، أطول النبات، ووزن ألف حبة ومحتوى الكلوروفيل . وأظهرت الارتباطات أنّ المحتوى من الكلوروفيل وبشكل كبير وإيجابي مترابط مع عدد أفراد النباتات (ر = 0.581)، أطول النبات (ر = 0.649)، وعدد السنابل / م<sup>2</sup> (ر = 0.650)، والكتلة الحيوية الأرض (ر = 0.728)، و محصول القش (ر = 0.727) و محصول الحبوب (ص = 0.785). كشف تقدير مخزون البذور من الأعشاب الضارة وجود ثمانية أنواع في كل العلاجات التي شملتها الدراسة. وكشف تحليل التباين تأثير غير كبير على أنواع الحشائش التي تم تحديدها. هذا يدل على أن الدورة الزراعية التي أجريت في العام السابق، لم تحفز أي تغيير في تنوع الحشائش الضارة الموجودة على مستوى الحقل الذي أجريت عليه التجربة.

## الكلمات المفتاحية

زرع مباشر، المحصول السابق، القمح الصلب، الاعشاب الضارة ، التربة ، والمحصول و مكوناته.

## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à rendre grâce à « الله » tout puissant, de m'avoir donné la force nécessaire pour mener à bien ce travail.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et mes remerciements à mon Promoteur, Monsieur Ammar BOUTEKRABT, professeur auprès du département des sciences agronomiques de l'université de Blida et Monsieur Abdelhamid MEKHLOUF, maître de conférence « A » au département des sciences agronomiques de l'université de Sétif 1 qui ont fait preuve d'une grande patience à mon égard et ont été d'un grand apport pour la réalisation de ce travail.

Je tiens aussi à exprimer mes plus grands respects et mes vifs remerciements au Professeur Mabrouk BENMOUSSA pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury.

Mes remerciements les plus profonds vont au Professeur Hemanna BOUZERZOUR, qui a bien voulu examiner ce travail.

Un grand merci aux directeurs et à toute l'équipe de l'ITGC et de l'INRAA de Sétif notamment LAOUER Abdelmalek, à tous mes enseignants de l'université de BLIDA 1 et de SETIF 1, et à monsieur Abbas ZERARI, le représentant de la société FERTIAL au niveau de la wilaya de Sétif, qui m'ont bien aidé et accueilli durant la réalisation de ce travail.

Pour la réalisation de ce travail, je voudrai également remercier Mr D.E.KARA et A.R. AZZI pour leur participation active dans ce travail.

Enfin, je remercie tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail

## Dédicace

*A mes très chers parents ;*

*A mon frères SALAH et sa femme et leur petit  
ABDERRAOUF ;*

*A MON frères HAMZA ;*

*A ma sœur MIMOUNA et son mari YOUNCF et  
leur deux fils TALHA et SAFIA;*

*A mon grand-père AMMAR et à ma grande  
mère BOURNIA et les petits AMMAR, FATIMA et  
OMNIA ;*

*A tous les membres de ma famille ;*

*A tous mes enseignants du primaire, du  
fondamental du secondaire, et universitaire ;*

*A tous mes amis et collègues sans exception ;*

*Je dédie ce travail.*

**FORTAS BILAL**

# TABLE DES MATIERES

	Page
RESUME	
ABSTRACT	
ملخص	
REMERCIEMENTS	
DEDICACE	
TABLE DES MATIERES	
Liste des illustrations, graphiques et tableaux	
<b>INTRODUCTION</b>	<b>15</b>
<b>CHAPITRE.1.REVUE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	<b>17</b>
1.1. Agriculture de conservation	17
1.1.1 Définition	17
1.1.2 Les apports de l'agriculture de conservation	18
1.1.2.1. Sur l'environnement	18
1.1.2.1. a. Une limitation de l'érosion des sols	18
1.1.2.1. b. Une amélioration de la protection et qualité de l'eau	18
1.1.2.1. c. Un accroissement de l'activité biologique	19
1.1.2.1. d. Une contribution à la réduction de l'effet de serre	19
1.1.2.2. Sur le plan de l'Agronomie	20
1.1.2.2. a. Un enrichissement et une concentration des matières organiques des sols en surface	20
1.1.2.2. b. Une amélioration de la structure du sol et de sa stabilité structurale	20
1.1.2.2. c. Les maladies cryptogamiques	20
1.1.2.2. d. Les adventices	21
1.1.2.2. e. Une dynamique de levée et d'enracinement différente	21
1.1.2.3. Sur le plan économique	21
1.2 Les techniques culturales simplifiées (TCS)	21
1.3 Le semis direct	22
1.3.1. Définition et principes du semis direct	22
1.3.2. Evolution du SD à l'échelle mondiale	22
1.3.3. Bénéfices du SD	23
1.3.3. a. Bénéfices environnementaux : des systèmes de culture protecteurs de l'environnement	23
1.3.3. b. Bénéfices agronomiques : amélioration de la productivité du sol	23
1.3.3. c. Bénéfices socio-économiques : des systèmes de culture attractifs et une activité agricole rentable	24
1.3.4. Les limites de la technique du semis direct	24
1.4. la rotation culturale	25
1.4.1. Le système céréale-jachère	25
1.4.1.1. Les inconvénients de la jachère	26

1.4.1.1. a. Eau du sol	26
1.4.1.1. b. Adventices	26
1.4.1.1. c. Matière organique	27
1.4.1.1. d. Parasitisme	27
1.4.1.1. e. Érosion	27
1.5. Importance des céréales, des légumes secs, des plantes fourragères	27
1.5.1 Les céréales	28
1.5.2. Les légumes secs	31
1.5.3. Les plantes fourragères	32
1.6. Etat actuel de l'agro biodiversité	34
1.6.1. Les céréales	34
1.6.2. Les légumes secs	36
1.6.3. Les plantes fourragères	37

## **CHAPITRE.2. MATERIELS ET METHODES** 39

2.1. Introduction	39
2.2. Conditions du site expérimental	39
2.3. Caractéristiques physico-chimique du sol du site d'étude	40
2.4. Le protocole expérimental	41
2.5. Conduite et suivi de l'étude expérimentale	42
2.5.1. Conduite de l'essai	42
2.5.1.1. Désherbage	42
2.5.1.2. Fertilisation	42
2.5.1.3. Préparation du sol	42
2.5.1.4. L'opération semis	42
2.5.1.5. Récolte	43
2.5.2. Matériel végétal utilisé	43
2.6. Suivi et notations	43
2.6.1. Paramètres liés au sol	43
2.6.1. a. Mesure de la teneur en eau des parcelles d'essai	43
2.6.1. b. Mesure de la vitesse d'infiltration de l'eau dans le profil cultural	44
2.6.1. c. La densité apparente du sol	45
2.6.1. d. La résistance pénétrométrique (compaction du sol)	46
2.6. Suivi des cultures expérimentées	47
2.6.1. Mesure des caractères agronomiques	47
2.6.1. a. Peuplement à la levée	47
2.6.1. b. Nombre de talles épis	47
2.6.1. c. Nombre de grains par épi	48
2.6.1. d. Le rendement biologique (q/ha)	48
2.6.1. e. Le rendement en graines (q/ha)	48
2.6.1. f. Le rendement paille (q/ha)	48

2.6.1. h. Le poids de mille graines (g)	48
2.6.2. Caractères physiologiques	48
2.6.2. a. La teneur relative en eau	48
2.6.2. b. La teneur en chlorophylle	50
2.6.2. c. La température mesurée à l'épiaison sur le couvert végétal	51
2.6.3. Suivi de la flore adventice	
2.6.3. a. Estimation de stock semencier des adventices	51
2.6.3. b. Evaluation de la densité des mauvaises herbes	53
2.7. Analyse statistique des données	53
<b>CHAPITRE .3. RESULTATS ET DISCUSSION</b>	<b>54</b>
3.1. Etude de climat de la campagne en cours	54
3.2. Etude du profil cultural	56
3.3. Etude du sol du site expérimental	58
3.3.1. L'humidité du sol	58
3.3.2. Analyse physico-chimique du sol du site expérimental	70
3.3.3. Etude de la mécanique du sol	76
3.3.3.1. La vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol	76
3.3.3.2. La résistance pénétrométrique du sol	77
3.4. Effets des précédents sur la culture de blé dur	79
3.4.1. Effets sur les caractères agronomiques	79
3.4.2. Effets sur les caractères physiologiques	82
3.5. Effets des précédents sur la flore adventice	
3.5.1. Le stock semencier.	84
3.6.2. La flore adventice sur champ.	85
3.6. Analyse des corrélations entre paires de caractères	88
3.7. Analyse en composantes principales des caractères mesurés	89
3.8. Centres de gravité projetés des précédents, selon les variables humidité du sol, vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol, le rendement en grains et la teneur en chlorophylle.	91
<b>SYNTHESE DES RESULTATS</b>	<b>94</b>
<b>Conclusion</b>	<b>100</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>101</b>
<b>Appendices</b>	
<b>A- LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS</b>	
B- Tableau.1 : analyse physico-chimique du sol	
<b>C- TESTE DE NORMALITE DES PARAMETRES MESURES</b>	
D- Tableau .4 : Matrice des corrélations entre paire des paramètres étudiés	

## LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Tableau 1.1 : Evolution dans le temps des superficies (en millions d'hectares) sous semis direct dans le monde	22
Tableau 1.2 : Caractéristiques des zones de productions céréalières	28
Figure-1.1 Fréquences des rendements grains des principales espèces céréalières (BD= blé dur, BT = blé tendre, Or = orge) de la période 1876 à 2000	29
Figure-1.2-Variation des rendements décennaux toutes céréales confondues.	30
Tableau-1.2 : Répartition des surfaces (10 <sup>3</sup> ha) consacrées aux fourrages .	31
Figure 2.1 : Localisation de site d'essai.	38
Tableau 2.2 : résultats des analyses physico-chimique du sol de la parcelle à expérimentée	39
Figure 2.2 : Triangle de texture du sol.	39
Figure 2.3 : Plan de l'essai «Strip-Plot».	40
Figure 2.4 : Mesure de la densité apparente du sol.	44
Figure 2.5 : mesure de la résistance pénétrométrique du sol.	46
Figure 2.6 : Mesure de la teneur relative en eau des feuilles de blé dur au lab, INRAA-Sétif	48
Figure 2.7. Mesure de la teneur en chlorophylle sur des feuilles de blé dur, faite sur le d'expérimentation.	49
Figure 2.8. Prélèvement des échantillons pour estimer le stocke semencier des adventices, sur le site de l'expérimentation.	51
Figure 2.9. La serre de culture utilisée pour le suivi des adventices.	51
Figure 2.10. Comptage de la flore adventice sur champs.	52
Figure 3.1 : Pluviométries et températures (T <sub>Min</sub> , T <sub>Max</sub> et T <sub>Moy.</sub> ) de la campagne d'étude	54
Tableau 3.1 : Résultats de l'étude et la description du profil pédologique de site expérimental. (ITGC.2013)	56
Figure 3.2. Morphologie de surface de la parcelle du site expérimental.	57

Figure 3.3. Le profile pédologique du site expérimental, montrant une organisation horizontale du sol.	57
Tableau 3.2 : Carrés moyens de l'analyse de variance de l'humidité du sol.	59
Tableau 3.3 : Etude des valeurs moyennes des groupes statistiques homogènes de l'humidité du sol.	60
Figure 3.4 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D2).	61
Figure 3.5 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D3)	61
Figure 3.7 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des profondeurs et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D4)	62
Figure 3.8 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D5).	62
Figure 3.9 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D6).	63
Figure 3.10 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des profondeurs et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D7).	63
Figure 3.11 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D8).	64
Figure 3.12 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des profondeurs et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D6).	64
Figure 3.13 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D10).	64
Figure 3.14 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des profondeurs et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D8).	64
Figure 3.15 : Comparai son des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D9).	65
Figure 3.16 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des profondeurs et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D9).	65
Figure 3.17 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D10).	66
Figure 3.18 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des profondeurs et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D10).	66

Tableau 3.4 : carrés moyen des éléments majeurs, N, P, K, Na, Mg, Ca, CE, pH	68
Figure 3.19 : Comparaison des groupes statistiques homogènes du phosphore selon les précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai.	70
Figure 3.20 : Comparaison des groupes statistiques homogènes du phosphore selon profondeurs et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai	70
Tableau 3.5. Etude des groupes statistiques homogènes des éléments phosphore, magnésium et calcium, selon les précédents et chez le phosphore pour les tranches de profondeurs.	71
Figure 3.21 : Comparaison des groupes statistiques homogènes de l'élément magnésium selon les précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai.	72
Figure 3.22 : Comparaison des groupes statistiques homogènes du calcium selon les précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai.	72
Tableau 3.6 : carrés moyens de l'analyse de variance du carbone et da la matière organique	73
Tableau3.7 : Etude des groupes statistiques homogènes de l'élément carbone total et MO	74
Figure 3.23 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (carbone total).	75
Figure 3.24 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (matière organique)	75
Tableau 3.9 : Carrés moyen de l'analyse de variance de la vitesse d'infiltration (K, cm/h), et la densité apparente (Da).	75
Tableau3.10 : Etude des groupes homogènes de la vitesse d'infiltration	76
Figure 3.25 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (K (cm <sup>3</sup> /h).	76

Tableau3.11 : Carrés moyen de l'analyse de variance de résistance la pénétrométrique R (N/Cm <sup>2</sup> )	77
Tableau3.12 : Valeurs moyennes des groupes statistiques homogènes de la résistance pénétrométrique	77
Figure 3.26 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai	77
Tableau 3.13 : carrés moyens de l'analyse de variance des caractères agronomiques	78
Tableau 3.14 : Valeurs moyennes des groupes statistiques homogènes des caractères agronomiques	79
Figure 3.27 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (la hauteur des plantes)	79
Figure 3.28 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (rendement en paille)	79
Tableau3.15 : Valeurs moyennes des groupes statistiques homogènes, poids de mille grains, rendement biologique, rendement en grains et l'indice de récolte	79
Figure 3.29 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale del'essai.(PMG)	80
Figure 3.30 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai.(RDTb).	80
Fig.3.31. comparaison des groupes statistiques des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale (RDTg)	80
Tableau 3.16 : Carrés moyens de la variance des caractères physiologiques Teneur relative en eau, teneur en chlorophylle, T° du végétal à l'épiaison	81
Tableau 3.17: Etude des groupes statistiques homogènes de la teneur en chlorophylle en unité SPAD, et la température du végétal prise à l'épiaison	82
Figure 3.32 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai.(SPAD)	82

Figure3.33 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai(T°Végétal).	82
Tableau3.18 : Carrés moyen de l'analyse de variance des espèces de la flore adventice dans le stock semencier.	83
Figure 3.34 : Pourcentage des individus adventices par traitement	84
Figure 3.35 : Pourcentage des espèces par rapport au total	84
Tableau3.19 : Carrés moyen de l'analyse de variance des espèces de la flore adventice sur le champ cultivé.	85
Figure 3.36 : seuil d'infestation en plantes adventices par traitement	86
Figure 3.37 : seuil d'infestation en plantes adventices par espèce	86
Figure 3.38 : Relation entre la teneur en chlorophylle et le rendement en grain, chez la variété Bousselem.	88
Figure 3.39 : Relation entre le rendement biologique et la teneur en chlorophylle, chez la variété Bousselem.	88
Figure 3.40 : Positionnement du facteur (les précédents) et les variables étudiées sur les axes 1 et 2.	89
Figure 3.41 : classification ascendante hiérarchique des traitements étudiés	90
Figure 3.42 : Projection des précédents culturaux selon les variables	92

## INTRODUCTION

En Afrique du Nord, la ressource en eau constitue le facteur majeur limitant les développements agricole, économique et social. En effet, l'environnement physique dans cette région est caractérisé par une pluviométrie faible, aléatoire et agressive, mais aussi des sols généralement peu productifs et une couverture végétale très éparse. La forte croissance démographique et les insuffisances techniques, économiques et foncières obligent les agriculteurs à exploiter au maximum le disponible végétal. Cette pression sur la terre s'est traduite par le recours de plus en plus à la culture continue, l'utilisation des terres marginales et le surpâturage des parcours. Il en résulte une exploitation minière du milieu caractérisé par une diminution de la productivité et une dégradation des ressources naturelles (sol, eau et végétation). En effet, l'érosion des sols constitue un aspect majeur de la dégradation des paysages dans les environnements nord-africains [1 ; 2 ; 3 ; 4]

Les sols dans cette région sont extrêmement variés du fait de la diversité des substrats géologiques et des topographies mouvementées qui continuent à évoluer sous l'effet du climat et de l'homme [5]. Les sols y conditionnent l'agriculture et son avenir sous trois aspects : le maintien de leur existence (lutte contre l'érosion), l'amélioration de leur capacité de production (fertilité et qualité) et la mise en valeur de leur capacité productive par des pratiques culturelles appropriées.

Le défi majeur est ainsi double : assurer une sécurité alimentaire pour une population à fort taux démographique, tout en préservant les ressources naturelles. Ces pays ont besoin, plus que jamais, de revoir leurs modes d'utilisation des terres pour assurer une sécurité alimentaire et un développement agricole durable.

Comme l'agriculture demeure le principal secteur économique. Il est donc impératif de définir une stratégie de développement durable pour l'ensemble du secteur agricole en visant une utilisation respectueuse des ressources naturelles. Le transfert de l'Europe vers l'Afrique du Nord des modes de gestion mécanisée des sols a eu des effets négatifs permanents, voire désastreux sur les ressources en sols. En plus, les sols des régions semi-arides portent en eux-mêmes les germes de leur destruction : faible teneur en matière organique, faible stabilité structurale,

forte densité apparente, tendance à la prise en masse et faiblesse des résidus en surface [6]. De ce fait, l'amélioration de la productivité, la protection des sols contre l'érosion et la restauration de leur fertilité nécessitent une gestion agrobiologique des systèmes de culture.

Le système non labour ne peut être durable que par la maîtrise de la propagation des mauvaises herbes [7]. Les graines de mauvaises herbes enfouies ne sont pas exposées à la surface comme c'est le cas du système de labour. La banque de graines de mauvaises herbes semble donc diminuer en semis direct. Rares sont les apparitions soudaines et tardives des mauvaises herbes car aucun travail du sol ne ramène les graines à la surface.

Un contrôle des adventices sévère est nécessaire en cours des premières années de transition. Au cours de cette période, le taux d'infestation floristique et la levée des graminées annuelles ont tendance à augmenter surtout avec les cultures continues. Pour cela, il faut essayer d'envisager une démarche efficace pour la lutte contre les mauvaises herbes par la prévention, la compétitivité des cultures, la rotation des cultures et un désherbage chimique raisonné. A ce sujet, il est conseillé d'appliquer des herbicides résiduels à action foliaire et racinaire qui sont relativement peu coûteux, tels que les herbicides anti-mono et anti-dicotylédones qui permettent un contrôle adéquat des mauvaises herbes. En effet, ces herbicides sont caractérisés par leur rémanence dans le sol et leur large spectre d'action [8]. C'est dans cette optique que notre étude tente de proposer des possibilités d' :

- amélioration des rendements d'une culture de blé dur (*Triticum durum*, Desf) menée en semis direct sur cinq types de précédents culturaux ; une légumineuse (Lentille), une association fourragère (pois/triticales), une jachère chimique et deux céréales (Blé dur et orge), ainsi que leurs conséquences sur les propriétés physiques et hydriques du sol.
- L'humidité.
- Les caractéristiques physico-chimiques.
- L'évolution de la flore adventice.

# CHAPITRE 1

## REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

### 1.1. Agriculture de conservation

L'agriculture dans le monde doit faire face aux problèmes graves de la dégradation des sols par érosions hydrique et éolienne, des eaux par les pollutions dues aux pesticides, et de la biodiversité. Cette dégradation et la perte des ressources naturelles qu'elle engendre ont des conséquences sociales et économiques très graves : pauvreté, famine, migrations.

Dans les années trente, un nuage de poussières a assombri les grandes plaines céréalières américaines. Le travail abusif des sols et la pratique excessive de la monoculture en étaient les principaux responsables. La recherche de systèmes de culture alternatifs à l'agriculture conventionnelle est désormais devenue une nécessité, afin de conserver et de restaurer la fertilité des sols agricoles. C'est à partir de là, l'agriculture de conservation a pris naissance.

#### 1.1.1 Définition

L'agriculture de conservation a pris sa définition lors du "*First World Congress on Conservation Agriculture : a worldwide challenge*" qui s'est déroulé à Madrid du 1-5 octobre 2001. Cette définition est la suivante :

- Absence de retournement profond du sol et implantation des cultures en semis direct.
- Maintien d'un couvert végétal permanent (mort ou vivant).
- Adoption judicieuse de cultures dans une rotation suffisamment longue.

Des auteurs mentionnent que l'agriculture de conservation repose essentiellement sur le semis direct. Cependant, la présence d'un couvert végétal permanent et les cultures présentes dans la rotation doivent être absolument compatibles de cette technique d'implantation [9]

Selon Derpsch [10], l'agriculture de conservation a pour objectif de conserver, d'améliorer et de mieux utiliser les ressources naturelles liées à la gestion des sols,

de l'eau, et de l'activité biologique. L'AC n'est pas un but en elle-même mais plutôt un concept : la gestion de la fertilité des sols est l'objectif final.

### 1.1.2 Les apports de l'agriculture de conservation

#### 1.1.2.1. Sur l'environnement

##### 1.1.2.1. a. Une limitation de l'érosion des sols

Des auteurs disent que l'érosion est déclenchée par la combinaison de plusieurs facteurs : pentes, agressions climatiques, sol nu, une mauvaise utilisation des terres. La présence d'un couvert végétal mort ou vivant et le non travail du sol, limite les effets néfastes de l'érosion (hydrique et éolienne). La couverture végétale diminue l'effet mécanique des gouttes de pluie et y améliore l'infiltration de l'eau. Sa décomposition forme de l'humus qui participe dans la stabilisation de la structure du sol qui est alors moins tassé ou compacté. De plus elle limite l'évaporation de l'eau des couches superficielles du sol et donc une diminution du dessèchement de ces dernières [11]

##### 1.1.2.1. b. Une amélioration de la protection et qualité de l'eau

A propos de ce thème, il existe des contradictions [12] Des auteurs affirment que l'agriculture de conservation permet de limiter la pollution des eaux de surface par les substances fertilisantes et les résidus des pesticides du fait de la réduction de l'érosion. La présence d'un couvert végétal La présence d'un couvert végétal vivant pendant la période hivernale permet donc, en complément des TCS, de limiter la lixiviation des nitrates dans le sol pendant les périodes pluvieuses de l'hiver [13] Le semis direct et l'implantation d'une CIPAN (Culture Intermédiaire Piège A Nitrates) permettent de diminuer la fuite des nitrates dans le milieu. La fuite de matières actives dans le milieu serait réduite, car le couvert végétal augmente l'absorption et la dégradation de ces substances. En revanche, des auteurs affirment que le travail simplifié du sol, en particulier le semis direct favorise une diminution de la disponibilité des pesticides et donc leur pollution. Mais d'autres concluent à des niveaux de contamination identiques entre travail simplifié et labour.

#### 1.1.2.1. c. Un accroissement de l'activité biologique

Le couvert végétal et par sa décomposition et sa minéralisation par voie biologique, favorise l'augmentation de l'activité biologique, en enrichissant le milieu par les matières organiques qui nourrissent les micro-organismes qui sont dans leur majorité des saprophytes. Aussi, le non retournement du sol réduit le stress mécanique du milieu et minimise la destruction des micro-habitats [14].

Selon Labreuche et Bodet [15], les vers de terre jouent un rôle très important dans la dégradation et la migration des matières organiques, le drainage au travers des galeries et le maintien d'un état structural favorable, Les vers de terre font partis du premier maillon dans la dégradation des MO. Les galeries des vers de terres autorisent la percolation de l'eau en profondeur et limite le ruissellement en surface. D'autres affirment que lors d'un passage d'un système labour à un système de travail superficiel ou de semis direct, le volume des galeries de vers terre augmente considérablement [16]

Salitot [17], constate qu'il existe une différence significative de la biomasse microbienne entre les sols labourés et ceux travaillés superficiellement.

#### 1.1.2.1. d. Une contribution à la réduction de l'effet de serre

L'agriculture est responsable de 30% des émissions des GES (FAO, 2001) [18]. L'agriculture participe à l'effet de serre en positif ou en négatif : des auteurs affirment que les techniques du travail conventionnel contribuent à l'émission des gaz à effet de serre (GES), par contre les techniques simplifiées et le semis direct constituent un puits de carbone, par le piégeage du CO<sub>2</sub> dans la matière organique et par la diminution de la consommation du carburant (moins de travail mécanisé) [19]

En agriculture conventionnelle 3000 à 4000 tonnes\ha/an de terre sont retournées (dégagement des GES), par contre seulement zéro à 400 tonnes sont travaillées en agriculture de conservation [20], L'agriculture de conservation est l'une des meilleures voies pour lutter contre l'effet de serre [21].

### 1.1.2.2. Sur le plan de l'Agronomie

#### 1.1.2.2. a. Un enrichissement et une concentration des matières organiques des sols en surface

Selon Balesdent, 1996 [22], les matières organiques jouent un rôle primordial dans les agroécosystèmes et en font une composante importante de la fertilité. Le non retournement du sol contribue à localiser les matières organiques en surface, ce qui enrichit le sol en général du fait de la réduction des pertes par minéralisation du stock initial.

#### 1.1.2.2. b. Une amélioration de la structure du sol et de sa stabilité structurale

L'amélioration de la structure du sol se situe à plusieurs niveaux. Les techniques de conservation des sols contribuent tout d'abord à protéger le sol des « accidents structuraux ». En effet, la formation du mulch augmente la densité de la couche arable, ce qui a pour conséquence d'améliorer la résistance du sol au tassement et de limiter la battance [23]

Avec l'adoption des techniques de conservation des sols, la structure du sol se modifie progressivement pour atteindre un profil cultural continu après quelques années. Il a été constaté que la semelle de labour est ameublie sous semis direct (par les nombreux canaux de vers de terre reliant la surface aux couches inférieures du sol) [12]

L'absence de travail profond réduit l'évolution des pores structuraux, qui ne sont plus constitués que par l'activité climatique et biologique. Par contre, le retournement des parcelles conduites en AC ou en non-labour entraîne une perte immédiate de la stabilité structurale acquise.

#### 1.1.2.2. c. Les maladies cryptogamiques

Selon des études françaises, la présence importante de matières organiques en surface constitue un milieu favorable à la phase saprophyte des champignons [23]. La pression des différents champignons pathogènes dépend largement des successions culturales (fréquence de retour de la culture hôte) que des techniques

de travail du sol [24] D'autres auteurs constatent que les rotations culturales permettent de briser le cycle des pathologies [19]

#### 1.1.2.2. d. Les adventices

La présence du couvert végétal permanent sur le sol permet de lutter contre les mauvaises herbes (effet ombrage) [19]. Par contre [25], affirme que les adventices pérennes et vivaces sont plutôt favorisés par les techniques sans labour.

#### 1.1.2.2. e. Une dynamique de levée et d'enracinement différente

D'après Jean-Robert (1999) [26], les pertes de levée sont identiques en labour et TCS. Cependant, le labour semble entraîner une cinétique de levée plus rapide et plus homogène au départ, ce qui donne un "plus bel aspect" au champ. Caneill et Bodet (1991) [27] ont observé une différence de cinétique d'enracinement sans que la profondeur d'enracinement ne soit modifiée.

#### 1.1.2.3. Sur le plan économique

Une réduction du temps des travaux, carburant et charges :  
L'agriculture de conservation permet de réduire le nombre d'opérations nécessaire à l'implantation d'une culture et par conséquent, une diminution du temps de traction et de consommation de carburant [28] Les charges directes de mécanisation (entretien et réparation des engins) sont réduites. Un nombre réduit d'opérations culturales signifie selon Séguy, 2006 [19], peu d'utilisation et moins de dégradation des équipements, ce qui engendre moins de dépenses en frais de maintenance ou de réparation. Par contre, les coûts de désherbage en non labour sont plus élevés qu'en labour conventionnel selon une enquête menée par l'ANPP.

### 1.2 Les techniques culturales simplifiées (TCS)

Les TCS sont appelées communément les Techniques Culturales Simplifiées ou encore les Techniques de Conservation des sols. D'après plusieurs auteurs, elles consistent à supprimer le labour profond et réduire les travaux de préparation

du sol pour l'implantation des cultures. Il s'agit en fait, de travailler la terre superficiellement (du genre déchaumage ou scarifiage) pour l'enfouissement d'une partie des résidus de récolte par des outils spécifiques à ces techniques dont la profondeur du travail est de 5 à 10cm. En profondeur, les auteurs affirment que la faune du sol notamment les vers de terre qui s'occupent du reste de travail (travail profond) ([29], [30], [31]).

### 1.3 Le semis direct

#### 1.3.1. Définition et principes du semis direct

Le semis direct est un système conservatoire de gestion des sols et des cultures. Dans ce système les opérations culturales se limitent à l'ensemencement de la culture (utilisation de semoirs spéciaux).

Le désherbage est fait avant et après le semis et pendant la culture, avec les herbicides les moins polluants possibles, pour le sol qui doit rester toujours couvert [32]

Selon Séguy, 2006 [19], le SD est une innovation qui met en œuvre trois grands principes :

- Pas de travail du sol.
- Couverture végétale permanente du sol.
- Des successions ou rotations culturales judicieuses en association avec des plantes de couverture.

#### 1.3.2. Evolution du semis direct à l'échelle mondiale

Le développement de l'AC et le SD a débuté aux Etats-Unis à partir de 1930. L'expérience américaine a eu un très grand impact auprès des agriculteurs du pays-même, puis à l'extérieur. La technique va se diffuser au Canada et gagne les pays des régions tropicales sud-américaines notamment le Brésil, l'Argentine, le Chili, le Paraguay et l'Uruguay. En fin l'Europe et l'Australie et puis le monde entiers [32]

Tableau 1.1 : Evolution dans le temps des superficies (en millions d'hectares) sous semis direct dans le monde ([10 ; 18]).

Année	USA	Canada	Brésil	Argentine	Australie	Autres	Total
1973/74	2.2	0	0.001	0	0.1	0.53	2.83
1983/84	4.8	0	0.4	0	0.4	0.66	6.26
1996/97	19.4	6.7	6.5	4.4	1.0	1.70	39.70
1999/00	19.8	4.1	13.5	9.2	8.4	2.92	58.11

### 1.3.3. Bénéfices du SD

#### 1.3.3. a. Bénéfices environnementaux : des systèmes de culture protecteurs de l'environnement

Selon plusieurs auteurs, la couverture végétale permanente contribue à protéger le sol contre l'érosion ce qui permet la régénération de sa fertilité, une séquestration efficace et importante du carbone, une meilleure infiltration de l'eau et moins de risques d'inondation, le maintien voire l'augmentation de la biodiversité et diminuer l'endommagement à la structure du sol et de son intégrité [19 ; 32 ; 33 ; 34].

#### 1.3.3. b. Bénéfices agronomiques : amélioration de la productivité du sol

La couverture végétale permanente du sol, en produisant une importante biomasse et grâce aux plantes utilisées munies d'un système racinaire puissant, permet la création d'un environnement favorable au développement d'une activité biologique intense dans le sol ce qui augmente le taux de matière organique dans le sol, la fourniture des éléments nutritifs nécessaires aux plantes cultivées et le recyclage de ceux lessivés rendus alors accessibles aux cultures.

La conservation de l'eau du sol grâce à une meilleure infiltration, une évaporation réduite du fait de la protection du sol contre les fortes températures, une meilleure capacité de rétention en eau et l'utilisation de l'eau profonde du sol.

L'amélioration de la structure du sol en surface et en profondeur, le contrôle des adventices et des maladies des plantes, l'augmentation de la productivité des cultures (quantité de produit formée par unité de volume et unité de temps), la diminution de l'impact des aléas climatiques (notamment pluviométrie) [19].

#### 1.3.3. c. Bénéfices socio-économiques : des systèmes de culture attractifs et une activité agricole rentable

Le semis direct et par la réduction du temps des travaux et des passages des machines agricoles, permet de réduire la demande en main d'œuvre, les coûts et les dépenses en carburant et en intrants (engrais, pesticides) et augmenter les niveaux de production qui seront comparables voire supérieurs à ceux de l'agriculture conventionnelle pour des coûts et dépenses minimisés ([35] ; [36], [19]). Cette technique contribue aussi à la durabilité des systèmes de production par la conservation et le développement des ressources naturelles (le sol, unique capital de l'agriculteur est préservé).

- Quelques chiffres percutants : l'exemple du Brésil Grâce au semis direct, il a été économisé entre 1989 (0,8 millions d'ha) et 2005 (20, millions d'ha) :
  - 1,8 milliards de tonnes de terre arable.
  - 18 milliards de dollars (grâce à la forte baisse des coûts de production et l'augmentation de cette production).
  - 2,1 milliards de tonnes de combustibles.
  - 800 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> séquestrés [37].

#### 1.3.4. Les limites de la technique du semis direct

Selon CDSR-AN [32], les conditions de la faisabilité du SD peuvent constituer un frein à son adoption. La technique nécessite des ajustements au niveau des pratiques agricoles, tels que l'achat d'intrants (herbicides) et l'acquisition de nouveaux équipements (semoirs spéciaux) qui imposent un investissement qui mérite d'être justifié en conditions d'insécurité climatique. Hormis leur coût, le problème de ces semoirs est leur spécificité à un type de graines (problème pour la rotation). L'utilisation renforcée des herbicides nécessite non seulement des coûts plus élevés, mais une bonne connaissance des produits et de leur mode d'emploi.

Cette maîtrise de lutte chimique n'est pas acquise par tous les agriculteurs, et les parcelles en semis direct peuvent être fréquemment envahies par les adventices. D'un autre côté, la permanence du couvert végétal en surface du sol est nécessaire pour la réussite du SD, ce qui pose problème à l'adoption de ce système en régions à vocation élevage-pâturage, du fait de l'utilisation du paillis non comme fourrage mais comme couverture. Ainsi, les parcelles ne peuvent être pâturées après récolte, ce qui impose un problème essentiel pour les sociétés où l'élevage repose sur le pâturage.

L'adoption des systèmes de semis direct peut aussi se heurter à des résistances culturelles et historiques dues à une très ancienne pratique du labour et à l'accoutumance au pâturage des chaumes en été [38].

L'avantage principale de la rotation est la stabilité des productions, le recyclage des nutriments et l'interruption du cycle des maladies cryptogamiques et des insectes [39 ; 40]. L'effet favorable des rotations a été longtemps reconnu. Le rendement des céréales conduites en rotation avec des légumineuses, comme le pois chiche ou la lentille, est plus élevé en comparaison avec de celui d'une monoculture de céréales [41]. Par contre, le rendement du blé après jachère est souvent plus élevé que celui d'un blé qui suit une légumineuse, suite à plus 34 d'humidité stockée par la jachère [42]. Ce plus d'humidité varie entre 8% et 20% des 350 mm de pluie enregistrée au cours de la période de la jachère de 14 mois. L'effet à long terme des rotations est moins perceptible sur le labour de conservation que sur le labour conventionnel [43].

#### 1.4. La rotation culturale

##### 1.4.1. Le système céréale-jachère

La jachère est une surface agricole laissée au repos pendant une période prolongée (six mois à une année). La jachère par rotation faisait partie des systèmes d'assolement (Schnyder). Le système céréale-jachère, est l'alternance sur une parcelle d'une année sans culture avec une autre année de culture de céréale, conduisant à avoir au niveau de l'assolement chaque année une moitié des surfaces

en céréale, et l'autre moitié au repos, dont le but est de restaurer la fertilité du sol, d'accumuler l'eau des pluies et l'alimentation des ovins (pâturage) [44].

#### 1.4.1.1. Les inconvénients de la jachère

Théoriquement la jachère présente plusieurs avantages, mais des auteurs affirment qu'il existe des inconvénients plus que de bénéfices de cette pratique culturale. Parmi ces inconvénients on peut citer :

##### 1.4.1.1. A. L'eau du sol

L'emmagasinement de l'eau des pluies hivernales est l'un des objectifs de la jachère, mais selon Dulcire, 1978 [44], si la quantité des pluies d'hiver est suffisante pour la reconstitution de la RU du sol, cette pratique n'a plus d'intérêt quel que soit l'état du sol, on aura la capacité au champ à la fin d'hiver. En période sèche, le travail de la jachère favorise l'évaporation de l'eau stockée en hiver, même sous couvert végétal. Sebillotte et al, 1976 [45], montrent que le sol reste sec derrière jachère que derrière culture, si la jachère est travaillée profondément et tardivement par rapport aux pluies.

##### 1.4.1.1. B. La flore adventice

À propos de ce thème, l'importance de la maîtrise du désherbage chimique et de la date de réalisation des différentes opérations du travail de la jachère qui influent plus sur le développement des adventices. Dulcire, 1978 [44], affirme selon les différents modes de conduite de la jachère, que celle non travaillée et non pâturée constituent un foyer privilégié aux adventices, pour celle travaillée, un retard de réalisation des labours avant la maturité des graines des mauvaises herbes, engendre leur infestation et l'augmentation de leur stock semencier. Pour la jachère pâturée, le passage des animaux d'élevage (surtout les ovins) provoque la pullulation et la dissémination de certaines espèces d'adventices (montée à graines après pâturage, dissémination par les excréments).

#### 1.4.1.1. C. La matière organique

ESAFI a constaté un appauvrissement de 23% du stock de matière organique en 25 ans, donc le stock d'humus sera réduit ce qui provoque de très graves conséquences sur la stabilité structurale.

#### 1.4.1.1. D. Le parasitisme

La pratique de la jachère sur une longue durée favorise la multiplication des rongeurs, parce que le sol n'est pas travaillé [45]. Ainsi, la jachère n'est bénéfique contre les parasites que dans le cas où le parasite n'a pas la possibilité de se développer sur des plantes hôtes des adventices existant sur des parcelles avoisinantes, et ce n'est pas toujours le cas [44].

#### 1.4.1.1. E. L'érosion du sol

La pratique de la jachère est responsable de graves phénomènes d'érosion hydrique et éolienne. Le danger est accentué en jachère nue, les fines particules terreuses seront transporter par le vent (érosion éolienne) dont son impact sur les sols à long terme sera catastrophique et en année à forte pluviométrie, la jachère nue permet à l'eau qui ruisselle de transporter des quantités importantes de terre vers les rivières et les mers, par conséquent, le sol qui est le capital unique de l'agriculteur sera dégradé et perdu (érosion hydrique). De même, la jachère travaillée ne mettra pas le sol à l'abri de l'érosion, le couvert végétal éliminé après le travail de la jachère (labour), laisse un sol soufflé et fragile, les vents et les pluies ne trouveront pas difficulté à l'éroder surtout pour les parcelles en pentes, les pertes de terres seront énormes et par conséquent la fertilité des sols sera diminuée et les rendements baissent d'une année à l'autre [46 ; 47 ; 48 ; 33].

### 1.5. Importance des céréales, des légumes secs, des plantes fourragères

Quoique sur les 237.806.000 hectares, seulement 3,3% sont à vocation agricole, l'Algérie ne demeure pas moins un pays de contrastes, se distinguant par une variation éco-géographique très remarquée. Le désert occupe les 4/5 du pays

et le 1/5 restant est largement occupé par les étages bioclimatiques arides et semi-aride. Les étages subhumide et humide couvrent des surfaces relativement plus restreintes. Cette variation des milieux s'accompagne d'une importante diversité de la faune et de la flore.

Selon Ministère De L'agriculture Et Développement Rurale (1992) [49], l'Algérie renferme 3300 espèces vasculaires spontanées dont 168 sont endémiques. Elle se classe en deuxième position après le Maroc et elle est suivie par la Tunisie. A eux trois, ces pays se partagent un héritage de plus 6151 espèces vasculaires spontanées dont 710 sont endémiques au Maghreb.

L'essentiel des ressources phytogénétiques se rencontre sur la frange nord où les conditions pédo-climatiques sont plus favorables, mais il n'en demeure pas moins que le sud recèle des trésors dans ce domaine comme la variabilité du palmier dattier, de l'arganier et des blés sahariens pour ne citer que ceux-là [50].

Cette région comme celles du nord du pays ont contribué à l'enrichissement des banques mondiales de germoplasme par de nombreux spécimens, notamment pour les céréales, les espèces fourragères et pastorales et les légumineuses alimentaires [51 ; 52].

Ce matériel végétal acquis suite à de nombreuses collectes organisées notamment par des organismes internationaux s'est révélé intéressant pour plusieurs caractéristiques comme la tolérance à la salinité, à la sécheresse, aux hautes températures et au gel, la qualité technologique, la résistance aux maladies et l'adaptation aux milieux [53 ;54 ;55 ;56 ;57].

### 1.5.1 Les céréales

Au cours de la longue histoire des systèmes agraires algériens, les données du problème auquel la culture des céréales a eu à faire face n'ont pas fondamentalement changé. Cette culture, essentiellement pluviale est soumise à des régimes pluviométriques faibles et variables, imposant une limite à l'expression des aptitudes génétiques des cultivars [58]. D'où l'on note une stagnation du rendement qui n'a pas connu d'amélioration notable durant plus d'un siècle [59].

Pratiquée dans un système biennal, la culture des céréales couvre avec la jachère chaque année plus de 6 millions d'hectares soit près de 82% de la totalité de la surface agricole utile du pays. Les emblavures s'étendent chaque année sur 3 à 3,5 millions d'hectares. Ces chiffres montrent l'importance stratégique de cette culture qui, si elle tient de loin la première place quant à l'occupation des sols, c'est parce qu'elle sert de base à l'alimentation de la population.

La céréaliculture est éparpillée sur toutes les régions agro-climatiques du pays. Elle empiète sur cinq grands ensembles qui se différencient surtout par le cumul annuel des pluies qui déterminent dans une large mesure le potentiel de production (Tableau 1.2). Cette répartition est souvent faite au détriment d'autres spéculations qui seraient mieux appropriées à ces régions, telles que les cultures pérennes et fourragères.

La majeure partie des emblavures de céréales se trouve concentrée sur les hautes plaines. Cette région se caractérise par de l'altitude (700 à 1100m), des hivers froids et un régime hydrique irrégulier et faible. L'apparition de vents chauds et desséchants est souvent concomitante à la phase de remplissage du grain [60].

Tableau 1.2 : Caractéristiques des zones de productions céréalières [49] :

zones	Pluie (mm)	Céréales (103ha)	Jachère (103ha)	Risques climatiques
Littoral	600	64	-	-
Plaines	540-600	850	400	Gel
H .Plateaux	350-400	1500	900	Gel/sec
Steppe	200-350	400	-	Sécheresse
Montagne	350-600	300	-	

La variation des rendements et de la production tire son origine en grande partie des effets des contraintes biotiques et abiotiques (Figures 1.1 et 1.2). [61] signalait déjà les dommages causés par le froid tardif de printemps sur les blés des hauts plateaux où les rendements sont réduits à des seuils de moins de 100kg/ha. Les effets de cette contrainte climatique sont rapportés par [62] sur l'orge.

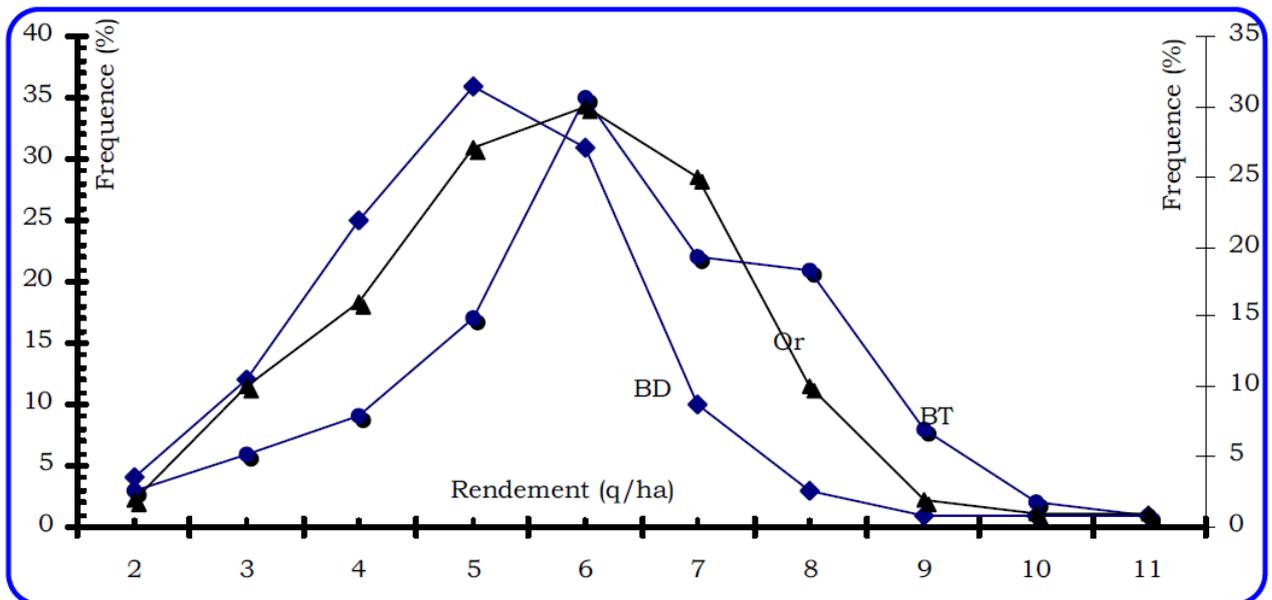


Figure-1.1 Fréquences des rendements grains des principales espèces céréalières (BD= blé dur, BT = blé tendre, Or = orge) de la période 1876 à 2000 [63]

Pour réduire des effets pénalisants des contraintes climatiques, la stratégie la plus utilisée est le degré de précocité, vu que la tolérance génétique reste à trouver [64]. Le calage du cycle vis-à-vis des événements climatiques où il est possible d'éviter la coïncidence des phases critiques du cycle avec les dates d'occurrence maximales des accidents climatiques comme le gel tardif [56], [66], les hautes températures [67 ;68] et le déficit hydrique [69].

Benghalid *et al* [55] rapportent que les blés sahariens se caractérisent par un cycle de développement très court et une résistance inégalée à l'élévation de la température [70], étudiant une collection de plus de 2500 génotypes de blé dur, rapportent que pour les milieux méditerranéens la tardiveté à l'épiaison et la précocité à maturité sont des caractéristiques importantes à cumuler chez un cultivar. Selon Dakheel *et al* [71] le génotype tardif à l'épiaison et précoce à maturité procure la meilleure adaptation aux conditions semi-arides.

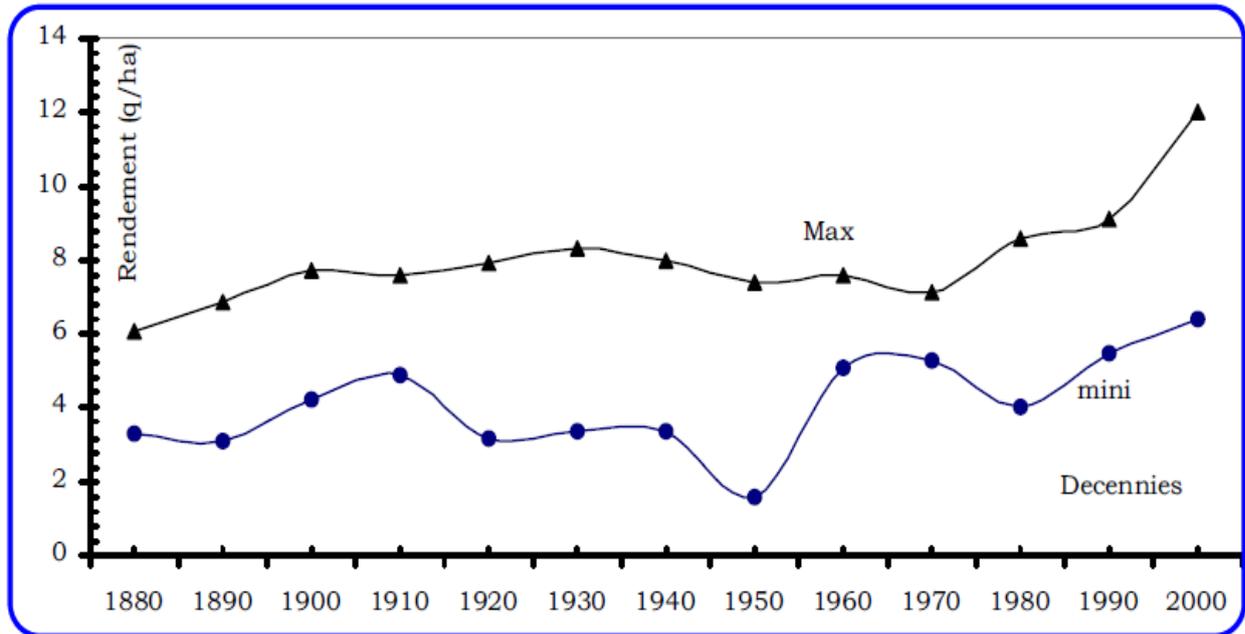


Figure-1.2-Variation des rendements décennaux toutes céréales confondues [63]

### 1.5.2. Les légumes secs

Les légumineuses alimentaires sont très riches en protéines et elles sont relativement adaptées au climat méditerranéen. Elles complètent le plus souvent les céréales sur l'aspect qualité nutritionnelle. Les résidus de récolte sont utilisés dans l'alimentation du cheptel. Ces espèces s'intègrent bien dans les systèmes de rotation/assolements avec les céréales, suite à leur capacité de fixation symbiotique de l'azote de l'air et leur capacité d'amélioration de la fertilité et la structure des sols.

En Algérie les espèces de légumineuses alimentaires les plus cultivées sont la lentille (*Lens culinaris* L.) le pois chiche (*Cicer arietinum* L), le pois (*Pisum sativum* L), la fève (*Vicia faba* L.) et le haricot (*Phaseolus* L.). Les légumineuses alimentaires ont reçu beaucoup d'attention de la part des services agricoles pour augmenter les superficies et améliorer les niveaux de rendements.

Cependant les résultats obtenus n'ont pas été à la hauteur des efforts consentis. Il reste cependant vrai que lorsque le milieu s'y prête les résultats ont été plus que satisfaisants.

Dans les environnements où les résultats sont restés mitigés, la plante introduite le plus souvent sur de très larges étendues n'a pu s'adapter et les techniques de

conduites n'ont pas toujours suivi (date de semis, rhizobium, mode de récolte). Les superficies occupées par les légumineuses alimentaires sont de  $47 \times 10^3$  ha pour les fève et féverole,  $42 \times 10^3$  ha pour le pois chiche,  $9,2 \times 10^3$  ha pour le pois sec,  $1,8 \times 10^3$  ha pour la lentille et  $1,0 \times 10^3$  ha pour le haricot (MA, 1998). Les rendements moyens oscillent entre 1,6 et 5,9 q/ha. La production a été de  $8 \times 10^3$  quintaux pour la lentille,  $250 \times 10^3$  quintaux pour le pois chiche,  $200 \times 10^3$  quintaux pour la fève et  $6 \times 10^3$  quintaux pour le haricot.

### 1.5.3. Les plantes fourragères

Les terres occupées par la production fourragère s'étendent sur près de 33 millions d'hectares.

La production est constituée des fourrages cultivés et naturels. Les fourrages cultivés occupent 523 000 ha, soit 1,6% de la superficie totale. L'essentiel des fourrages naturels est constitué par les pacages et parcours avec 29 millions d'hectares, soit 88%. La jachère occupe 3,5 millions d'hectares soit 10,4% (Tableau 1.2).

Tableau-1.2 : Répartition des surfaces ( $10^3$ ha) consacrées aux fourrages [72] :

Etage bio-climatique	fourrages				
	cultivés	pacage	jachère	prairie	Total
Humide	60.5	269.2	198.9	11.7	540.3
%	11.6	0.9	5.6	38.7	1.6
Sub-humide	339.9	1310.9	1587.2	16.3	3254.4
%	65.0	4.5	44.8	53.9	9.8
Semi-aride	118.6	4540.5	1690.9	2.2	6352.2
	22.7	15.6	47.7	7.4	19.1
Aride	3.7	23358.6	65.4	0.0	23127.7
%	7.0	79	1.8	0.0	69.5

Les fourrages cultivés sont composés essentiellement du mélange de vesce-avoine (28 %) et de céréales fourragères comme le maïs, le sorgho, l'orge, l'avoine et le seigle (25%). La luzerne et le trèfle occupent des surfaces très restreintes

variant de 1 à 5 % de la superficie cultivée. Constitués des mélanges de vesce-céréales et d'avoine, en culture pure, les fourrages cultivés consommés en sec fournissent  $577 \times 10^6$  d'UFL. Ce chiffre représente 92 % des apports énergétiques pour cette catégorie de fourrage. Les fourrages cultivés consommés en vert fournissent  $43 \times 10^6$  d'UFL. Ils sont localisés principalement dans les plaines d'intérieur et les hauts plateaux [72].

Les fourrages naturels fournissent  $5498 \times 10^6$  d'UFL. Les prairies naturelles localisées dans les étages bioclimatiques humides et sub-humides fournissent  $73 \times 10^6$  d'UFL. L'apport fourrager de la jachère est estimé à  $1443 \times 10^6$  d'UFL. Les pacages et parcours se trouvant surtout en milieux arides et semi-arides fournissent  $3981 \times 10^6$  d'UFL (72,4% de l'offre totale).

Pour les fourrages cultivés, les contraintes essentielles se résument à la faiblesse de la production de semence, au peu de variabilité des espèces cultivées et à la contribution très modeste des cultivars locaux. Les contraintes des fourrages naturels sont nombreuses et spécifiques aux différentes zones productrices. Ainsi dans les régions humides et sub-humides, les observations collectées depuis plusieurs années indiquent une érosion génétique du matériel végétal local.

Lapeyronie (1978) [73] signale que la flore dans les principales zones fourragères était, au début du siècle, beaucoup plus variée que celle recensée vers les années soixante.

Cette situation est attribuée à l'introduction de variétés étrangères qui a contribué à la dépréciation des variétés locales, la destruction de l'habitat naturel de nombreuses espèces en raison du développement de l'urbanisation et de l'utilisation des terres (drainage des zones humides et construction de barrages), la mécanisation intensive de l'agriculture, la réduction des terres de parcours au profit des cultures céréalières et le peu d'intérêt des filières de productions animales pour les pâturages naturels

Dans les régions semi-arides et arides, les contraintes sont engendrées par la sécheresse, la désertification, la charge animale, la résilience de l'écosystème, l'extension des surfaces cultivées.

Elles limitent le maintien voire participent à la régression des fourrages naturels. On estime, en effet, que la désertification est le principal phénomène qui menace le maintien de la diversité des plantes. La diminution de la pluviosité se répercute directement sur la production primaire des écosystèmes et sur la diversité floristique. La production pastorale perd l'équivalent de 236 UF/ha pour une diminution du cumul annuel de pluie de 104 mm [74].

La végétation pastorale est soumise à une pression de plus en plus forte de la part des populations utilisatrices conduisant à un surpâturage excessif et la régression des ressources. Les parcours steppiques nourrissaient, 1968,  $7,9 \times 10^6$  moutons ainsi offrant 1,6 milliards d'UF soit une charge de 1 mouton pour 4 hectares. En 1996, la flore s'est fortement dégradée et la production chute à 533 millions d'UF, alors que l'effectif du cheptel augmente à  $19,0 \times 10^6$  de moutons. La charge réelle atteint le seuil 0,78 hectares par mouton [75 ; 74].

La création de points d'eau visait à réduire des risques de surpâturage auprès des points d'eau naturels, mais elle a contribué indirectement à l'accroissement numérique du cheptel. L'extension des surfaces mises en culture participe aussi la dégradation des parcours. Cette extension a touché plus de 2 millions ha suite à l'application des nouvelles lois sur le foncier.

## 1.6- Etat actuel de l'agro biodiversité

### 1.6.1- Les céréales

L'Algérie est reconnue comme étant un centre de diversité pour plusieurs espèces céréalières dont le blé dur (*Triticum durum* Desf.) l'orge (*Hordeum vulgare* L), l'avoine (*Avena sativa* L., *A. fatua*, *A. ventricosa* et *A. sterilis* L.), le blé tendre (*Triticum aestivum vulgare* L., *Triticum aestivum sphaerococcum* L.) et les Aegilops (*Aegilops ovata* L., *Aegilops triuncialla*, *Aegilops triaristata*, *Aegilops ventricosa*, *Aegilops*) ainsi qu'une grande diversité des formes pour les orges et les blés sahariens [76].

Il est bien établi que l'introduction des variétés à haut rendement a entraîné le plus souvent une sous-utilisation voire un total abandon du matériel végétal d'origine locale. [77] comme [50] mentionnaient l'existence d'une trentaine de variétés populations locales

de blé dur qui existaient au début du 19ème siècle dans les parcelles des autochtones. Le blé tendre était moins important et représenté par une dizaine de variétés.

Cette nouvelle technologie a été adoptée dans les régions capables de porter des systèmes de production de type intensif et qui étaient capables de la valoriser. Elle a cependant été généralisée aux zones marginales qui ne sont mises en valeur qu'avec l'utilisation du matériel végétal d'origine local. Cette généralisation était rendue possible pas le fait que le système de production de semences était le monopole des structures étatiques. Ces structures pour réduire de la gamme de variétés et ainsi avoir une meilleure maîtrise du processus de multiplication, ne multipliaient que les nouvelles. A cela s'ajoutent les subventions de la semence qui font que son achat à la coopérative revient de loin moins cher que de la produire par soi-même.

Les actions de recherche qui peuvent servir de point de départ pour la valorisation de ce germoplasme local sont similaires à celles qui font l'objet de recherches intensives de par le monde.

Ainsi les résultats de plusieurs études pointent le doigt sur les caractéristiques qu'il serait intéressant d'isoler et de transférer dans un germoplasme qui servirait comme stocks de gènes utilisables dans des programmes d'amélioration pour la tolérance aux stress.

Parmi ces caractéristiques il y a la cinétique de développement du système racinaire [54] la cinétique de développement et de répartition de la matière sèche [78] la durée de vie de la feuille étendard et le transfert des hydrates de carbonés du pédoncule de l'épi vers le grain [79].

Clarke *et al* [80] mentionnent la régulation stomatique des pertes d'eau et la réduction de la charge de la radiation solaire interceptée, grâce à la présence d'une cuticule cireuse ou à l'enroulement du feuillage. La présence des barbes augmente l'efficacité de reconversion de l'eau en matière sèche chez les cultivars méditerranéens de blé dur.

La capacité génotypique d'accumuler au niveau symplastique et de manière active des solutés compatibles fait l'objet actuellement de recherches intensives vu qu'elle

semble conférer une meilleure adaptation sous stress [81]. Les substances qui ont retenu de plus l'attention des physiologistes et des sélectionneurs sont des composés comme la bétaine, [82], la proline [83] les sucres solubles [84].

La sélection a participé à l'enrichissement de ce patrimoine végétal avec 44 variétés nouvelles de blé dur, 45 variétés de blé tendre, 24 variétés d'orge et 15 variétés de triticales [85].

### 1.6.2. Les légumes secs

L'Algérie se caractérise par une grande variabilité génétique pour la fève quoique le système d'allogamie qui caractérise cette espèce rend souvent délicat le maintien de la variabilité d'origine.

La région de Biskra est très connue pour la diversité des formes que peut prendre ce légume.

Singh Et Malhotra [86] mentionnent qu'ils ont collecté 55 écotypes de cette espèce en Algérie.

La variabilité génétique existe aussi pour la lentille. Witcombe (1984)[87] cite l'Algérie comme une région prioritaire pour la collecte de la lentille qui est en voie de disparition. Cubero (1984) [88] mentionne la collecte de 49 écotypes de lentille faite à travers l'Algérie et notamment pour les espèces parentales *Lens orientalis* et *Lens nigrican*. L'Algérie porte peu de variabilité pour le pois chiche. Les variétés populations cultivées méritent, cependant des études sérieuses pour en déterminer les caractéristiques qui font qu'elles soient encore appréciées par les agriculteurs.

Les efforts de la recherche agronomique ont surtout porté sur la sélection du pois chiche et de la lentille. Ces efforts ont abouti à la sélection 20 cultivars de pois chiche et 15 variétés de lentilles [63]. Parmi les caractéristiques utilisables immédiatement, et qui sont successibles d'exister dans le germoplasme local il y a la capacité de la fixation symbiotique de l'azote de l'air, la hauteur de la plante, la résistance à l'égrenage, la résistance aux maladies cryptogamiques et la tolérance aux stress abiotiques [89].

### 1.6. 3- Les plantes fourragères

L'Algérie porte une grande richesse d'espèces spontanées fourragères et pastorales, appartenant aux genres *Medicago*, *Scorpiurus*, *Lolium*, *Trifolium* (*repens*, *hybridum*, *subterraneum*, *fragiferum*), *Bromus*, *Lotus*, *Hedysarum*, *Phalaris*, et *Dactylis* (Lapeyronie, 1978). Le Catalogue Australien mentionne l'inscription de nombreux cultivars de fétuque élevée (Cultivar Demeter), de ray-grass, de dactyle (cultivar Currie), de phalaris et de medic (Cultivar Jemalong) issus des ressources génétiques introduites à partir de l'Afrique du Nord. Ces cultivars sont exploités en Australie du sud, sous un climat où les précipitations sont comprises entre 350 et 500 mm [90].

A l'ICARDA, 24% du germoplasme conservé est de type fourrager, dont 66% proviennent d'Afrique du Nord. Au niveau mondial sur les 15 espèces fourragères, les plus collectées, l'Algérie participe pour 2196 accessions soit 42% du nombre total d'accessions. Les prairies, considérées pendant longtemps comme le réservoir fourrager naturel, portent une végétation se répartissant sur trois types de pelouses. La pelouse caractéristique des stations sèches sur sol à encroûtement calcaire qui porte une végétation constituée de *Plantago lagopus*, d'*Echium parviflorum* ou d'*Oryzopsis miliacea*. La pelouse caractéristique des zones humides à inondation passagère qui est constituée de *Festuca elatior* et d'*Oenanthe globulosa*. La pelouse sur marnes qui se caractérise par la présence d'*Hedysarum coronarium* et de *Convolvulus tricolor* [91].

Les espèces spontanées apparentées des espèces fourragères (graminées et légumineuses) généralement rencontrées comprennent la luzerne (*Medicago sativa*), des medicago annuelles, du lupin, du bersim, du trèfle, du trèfle blanc, du trèfle souterrain, du pois fourrager (*Lathyrus* sp), du sulla (*Hedysarum coronarium*), des vesces, des graminées (*Eragrostis*, *Festuca*, *Phalaris*) et diverses espèces comme l'*Astragalus*, le *Bituminaria*, le *Lotus*, et l'*Ononis*.

Dans les régions arides et semi-arides, la végétation a un caractère essentiellement steppique.

Elle se caractérise par l'importance des espèces vivaces, ligneuses et des graminées [92]. Cette végétation est généralement subdivisée en formation végétales assez spécifique comme les parcours a alfa (*Stipa tenacissima*), les parcours ou steppe à armoise blanche (*Artemisia herba alba*), la steppe à sparte (*Lygeum spartum*), les parcours à remt (*Arthrophytum scoparium*). La steppe à psamophytes constitue de graminées à *Aristida pungens* et *Thymellaea microphyla* ou encore des arbustes à *Retama raetam*. Par contre les steppes à halophytes dont les espèces végétales les plus répandues sont l'*Atriplex Halimus*, l'*Atriplex glauca*, *Suaeda fruticosa*, *Frankenia thymifolia*, *Salsola sieberi* et *Salsola vermiculata* [93; 92 ; 94].

## CHAPITRE 2

### MATERIEL ET METHODES

#### 2.1. Introduction

La conservation de l'eau est indispensable pour les cultures pluviales, car les précipitations annuelles ne fournissent pas d'eau excédentaire. Il existe une relation étroite entre l'humidité disponible du sol, les techniques de conservation de l'eau du sol et les rendements des cultures [95].

#### 2.2. Site expérimental

L'expérimentation a eu lieu au niveau de l'EAC MANSOURI EL-KHEIR lié administrativement à la commune de Sétif qui appartenant au l'étage bioclimatique semi-aride.



Figure 2.1 : Localisation de site d'essai.

### 2.3. Caractéristiques physico-chimique du sol du site d'étude

Les analyses physico-chimiques réalisées durant la campagne 2013/14 par le laboratoire FERTIAL, montrent que le sol de la parcelle est de texture limoneux argileuse, (Tableau 2.2) (Figure 2.2).

La matière organique présente un niveau moyen (2.35%), selon Bruce et Rayment [97] quand le niveau d'azote est compris entre 1.00 et 2.50%, il est moyen. Cependant le niveau du phosphore, (25.59 ppm) est très élevé [97].

Tableau 2.2 : résultats des analyses physico-chimique du sol de la parcelle à expérimentée (FERTIAL ,2012):

<b>K</b> meq\100g	<b>Na</b> meq\100g	<b>Mg</b> meq\100g	<b>Ca</b> meq\100g	<b>P ppm</b>	<b>N %</b>
<b>0.50</b>	0.35	2.03	38.11	25.59	0.15
<b>pH</b>	<b>C total%</b>	<b>MO %</b>	<b>Sables%</b>	<b>Limons%</b>	<b>Argiles%</b>
<b>7.86</b>	44.27	2.35	30.22	40.62	29.15

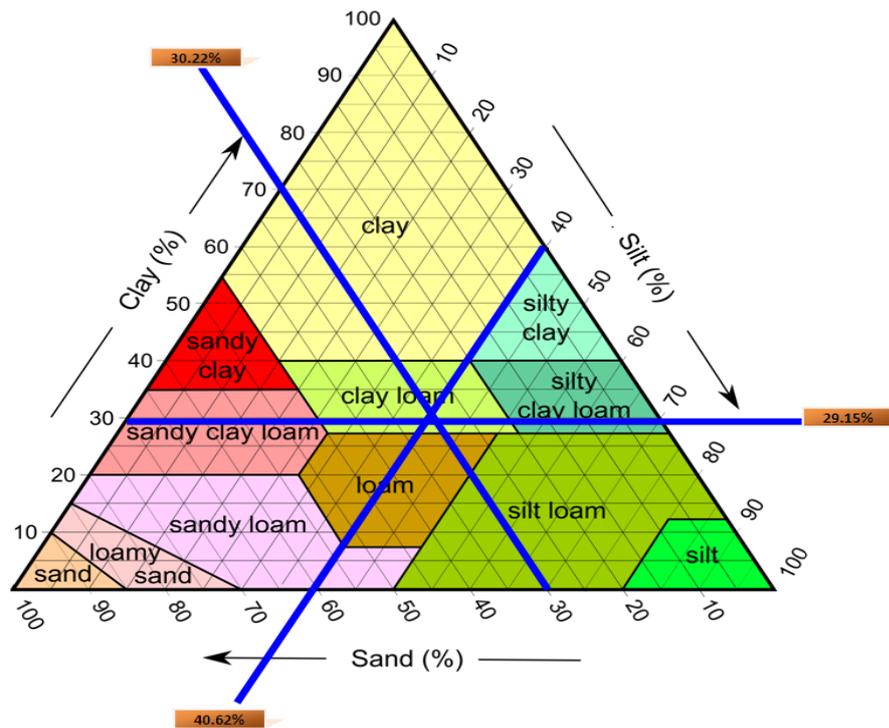


Figure 2.2 : Triangle de texture du sol (FORTAS ,2015).

## 2.4. Protocole expérimental

L'essai est mis en place, selon un dispositif strip-plot, avec un seul facteur étudié (précédents culturaux : blé, orge, lentille, jachère chimique et une association fourragère « pois/triticales). L'essai est subdivisé en cinq sous parcelles. Chaque parcelle est composée de trois (01) parcelles élémentaires (les répétitions). L'essai comporte, donc quinze (15) micro-parcelles faisant chacune 100 m de long et 50m de large soit une superficie de 5000 m<sup>2</sup>.

Le facteur étudié est les précédents culturaux, comparés entre eux à travers des mesures réalisées sur le sol, la flore adventice et l'espèce cultivée.



Figure 2.3 : Plan de l'essai «Strip-Plot». (B=Blé, P/T=pois –triticale, JC=jachère chimique, L=lentille, O= orge) (FORTAS ,2015).

## 2.5. Conduite et suivi de l'essai

### 2.5.1. Conduite de l'essai

#### 2.5.1.1. Désherbage

La lutte chimique contre les mauvaises herbes a été réalisée en deux temps : Le premier en pré-semis (le : 12/12/2013), par l'utilisation d'un désherbant total ; le GLYFOS qui contient 360 g/l de Glyphosate acide, ajouté à l'eau acidulée (pH bouillie égal 5.5) dont la dose de désherbage était 2.5 l/ha.

Le deuxième traitement : en poste émergence (le : 13/03/2014) a été réalisé avec un pulvérisateur tracté en utilisant un désherbant à double action (anti mono et anti dico : Pallas OD (Pyroxulam 45g/l). La dose de désherbage utilisée était 0,5L/ha.

#### 2.5.1.2. Fertilisation

- L'engrais de fond c'est le triple super phosphate (TSP 46%) : Pour notre essai conduit en semis direct, l'engrais de fond utilisé a été incorporé directement au sol pendant l'opération de semis. La dose d'épandage utilisée était 1 Q/ha.
- L'engrais de couverture (urée, 46%) : un apport de 1.20 q/ha est effectué le 21/03/2014 en plein tallage.

#### 2.5.1.3. Préparation du sol

##### Le zéro travail du sol

Les résidus de la récolte précédente ont été maintenus en l'état sur les micro-parcelles orientées à la technique de Semis Direct.

#### 2.5.1.4. Le semis

Le semis a été effectué le 12/12/2013 ; à l'aide d'un semoir spécifique de marque Semeato - personale drill 17. La densité de semis pour la variété Bousselam était de 300 grains/m<sup>2</sup> (1.4 q/ha). La semence utilisée a un poids de mille grains (PMG) égale à 47 grammes.

### 2.5.1.5. Récolte

La récolte a été réalisée à l'aide d'une moissonneuse batteuse de grandes cultures de marque « CLAAS », le 23 juin 2014.

### 2.5.2. Matériel végétal utilisé

L'espèce utilisée est le blé dur (*Triticum durum*, Desf), variété Bousselam issue de croisement Heider/MT/Ho, de « International Center for Agricultural Research in the Dry Areas » (ICARDA). C'est une sélection de la ferme semencière ITGC (Sétif). C'est une variété de précocité intermédiaire entre Waha (précoce) et Mohamed ben Bachir (tardive). Elle est productive et mesure 90-100 cm de hauteur, possédant un PMG élevé. Son épi est demi-lâche, blanc, barbes noirs et moyennement sensible à l'égrainage.

## 2.6. Suivi et notations

### 2.6.1. Paramètres liés au sol

#### 2.6.1.a. Mesure de l'humidité du sol

L'évolution de l'humidité est réalisée sur toutes les parcelles élémentaires. Elle est déduite selon la méthode de Hesse [98]. La prise des échantillons est faite à l'aide d'une tarière pédologique. Pour cela, trois profondeurs sont mesurées : 0-10 cm, 10-20 cm, et 20-30 cm. Les échantillons sont placés dans des boîtes métalliques hermétiques et numérotés, puis mis à l'étuve de marque Memert après avoir été pesés pour déterminer le poids frais à l'aide d'une balance de précision de marque Kern 440-33. Les pesés sont réalisées après une durée de 24 heures, à une température de 105°C, ces échantillons sont à nouveau pesés pour avoir le poids sec, donc le pourcentage d'humidité sera donné par la formule suivante Duchauffour [99] :

$$H(\%) = \left( \frac{p - p'}{p'} \right) * 100$$

Avec :

P : le poids frais de l'échantillon du sol.

P' : le poids sec de l'échantillon du sol.

H(%) : l'humidité en pourcentage.

Les prélèvements ont débutés le 09 Février 2014 et poursuivis jusqu'à la récolte.

#### 2.6.1.b. Mesure de la vitesse d'infiltration de l'eau

La perméabilité du sol a été évaluée à saturation en utilisant le dispositif du double anneau, appareil de Mûntz et Laîné, décrite par Colombani et al [100]. L'anneau externe d'un diamètre ( $r=16,5$  cm) sert de garde, pour l'eau apportée, permettant une infiltration verticale de l'eau versée dans l'anneau central ( $r=6,6$  cm). La hauteur des anneaux est égale à 10 cm.

L'emplacement du dispositif sur un endroit plat et horizontal (la pente du terrain doit être très faible). Les anneaux sont enfoncés solidairement jusqu'à 6 cm de profondeur (voir, le repère limitant cette hauteur). L'enfoncement des anneaux se fait à l'aide d'une pièce en bois déposée sur le haut du dispositif et d'une masse métallique qui sert à donner des coups verticaux permettant ainsi la pénétration de l'appareil dans le sol.

Le principe est de mesurer la quantité  $Q(\text{cm}^3)$  d'eau infiltrée au sein du profil, durant une heure de temps dans le sol préalablement saturé. Le cylindre de percolation est de section ( $S, \text{cm}^2$ ), sous une charge d'eau constante de 3 cm au niveau de l'anneau central. La perméabilité ( $K \text{ cm/h}$ ) est calculée selon la formule [101] :

$$k ((\text{cm}^3 / \text{m}^2) / \text{h}) = Q(\text{cm}^3) / S(\text{cm}^2)$$

#### 2.6.1. c. La densité apparente du sol

La méthode la plus couramment utilisée est celle du carottage. Des prélèvements effectués à l'aide d'un cylindre métallique, d'une extrémité aiguisée et d'un volume ( $V, \text{cm}^3$ ) connu, en l'enfonçant de façon mécanique à la surface du sol (0-10 cm), puis le dégageant en creusant autour.



Figure 2.4 : Mesure de la densité apparente du sol (FORTAS,2015).

Les prélèvements des échantillons ont été réalisés le 26/05/2014 à raison d'un échantillon par micro parcelle.

Après séchage à l'étuve à 105 C° durant 24 heures, les échantillons sont ensuite pesés à l'aide d'une balance de précision. La densité apparente ( $D_a$ ) est calculée selon la formule de BLAKE et HARTGE [101] :

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

Avec

$D_a$  : la densité apparente (masse volumique sèche).

$P$  : poids sec de l'échantillon.

$V$  : volume de l'échantillon de terre.

#### 2.6.1.d. La résistance pénétrométrique

Le pénétromètre semble être un outil approprié pour déterminer la résistance pénétrométrique du sol. C'est l'un des indicateurs souvent utilisés pour évaluer rapidement l'ampleur du compactage des sols et la localisation de la zone tassée. L'étude menée par HARRAD [102] concernant la modélisation du développement racinaire montre que de tous les facteurs étudiés ; la résistance à la pénétration est le facteur le plus influent de la propagation des racines dans le sol.

L'analyse pénétrométrique donne des informations qui peuvent nous renseigner sur le mode d'action des outils aratoires, la facilité avec laquelle le système racinaire va se développer et ainsi son étendue.

La mesure de la résistance pénétrométrique ( $R_p$ ) est réalisée à l'aide d'un pénétromètre dont le mode opératoire consiste à faire enfoncer le cône du pénétromètre dans le sol et à mesurer l'effort à appliquer. Cet effort, affiché à la surface de la base du cône définit l'indice de cône (25N).

$$R_p(N/cm^2) = \text{La lecture sur l'écran} / \text{la surface du cône}$$

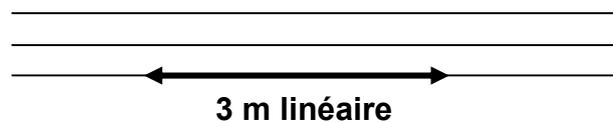


Figure 2.5 : mesure de la résistance pénétrométrique du sol (FORTAS ,2015).

## 2.6. Suivi des cultures expérimentées

### 2.6.1. Mesure des caractères agronomiques

Toutes les variables relatives à la culture ont été déterminées sur la base des mesures faites sur une station d'observation (échantillon de végétation) d'un rang long de trois (03) mètres linéaires pour chaque parcelle élémentaire, puis les chiffres obtenus seront ramenés à une unité de surface ( $m^2$ ) :



#### 2.6.1. a. Peuplement à la levée

Le peuplement à la levée est estimé par le comptage du nombre de plants levés.

#### 2.6.1. b. Nombre de talles épis

Cette mesure a été effectuée en stade d'épiaison par le comptage du nombre de talles épis, produites par la variété Busselam.

#### 2.6.1. c. Nombre de grains par épi

L'estimation du nombre de graines par épi est faite sur la base du nombre total des épis (NE), et du poids total des graines obtenues pour les trois (03) mètres linéaires. Ensuite, un échantillon de 250 graines est pesé, ce qui nous a permis d'estimer le nombre total des graines (NTG) pour trois (03) mètres linéaires. Le nombre de graines par épi, est donné par le rapport =  $NTG/NE$ .

#### 2.6.1. d. Rendement biologique (q/ha)

Le rendement biologique est estimé par le poids total de la végétation produite sur une surface de  $3 \times 0.17 = 0.51 m^2$  et ramené en q/ha.

#### 2.6.1. e. Rendement en graines (q/ha)

Le rendement en graines est estimé par le poids des graines produites sur une surface de  $3 \times 0.17 = 0.51 \text{ m}^2$  et ramené en q/ha

#### 2.6.1. f. Rendement paille (q/ha)

Le rendement paille est estimé par la différence entre le rendement biologique et le rendement en graines.

#### 2.6.1. h. Le poids de mille graines (g)

Le PMG est estimé sur la base d'un poids de 250 graines, dont le poids est x 4.

#### 2.6.2. Caractères physiologiques

##### 2.6.2. a. La teneur relative en eau

La teneur relative en eau (TRE, %) est déterminée sur la feuille étendard par la méthode décrite par Stocker [103]. Cinq feuilles de chaque parcelle élémentaires sont coupées à la base du limbe et pesées immédiatement à l'aide d'une balance de précision pour avoir le poids frais (PF). Les feuilles sont mises par la suite dans des tubes à essai contenant de l'eau distillée et placées à l'obscurité, après 4 heures, les feuilles sont pesées de nouveau, après avoir pris soin de les essuyer de l'eau restante à la surface avec du papier buvard pour obtenir le poids turgide (PT). Les feuilles sont enfin mises à l'étuve à 85°C pendant 48h et pesées pour avoir leur poids sec (PS). La teneur relative en eau est calculée par la formule de [104] comme suit :

$$TRE (\%) = [(PF - PS) / (PT - PS)] \times 100$$

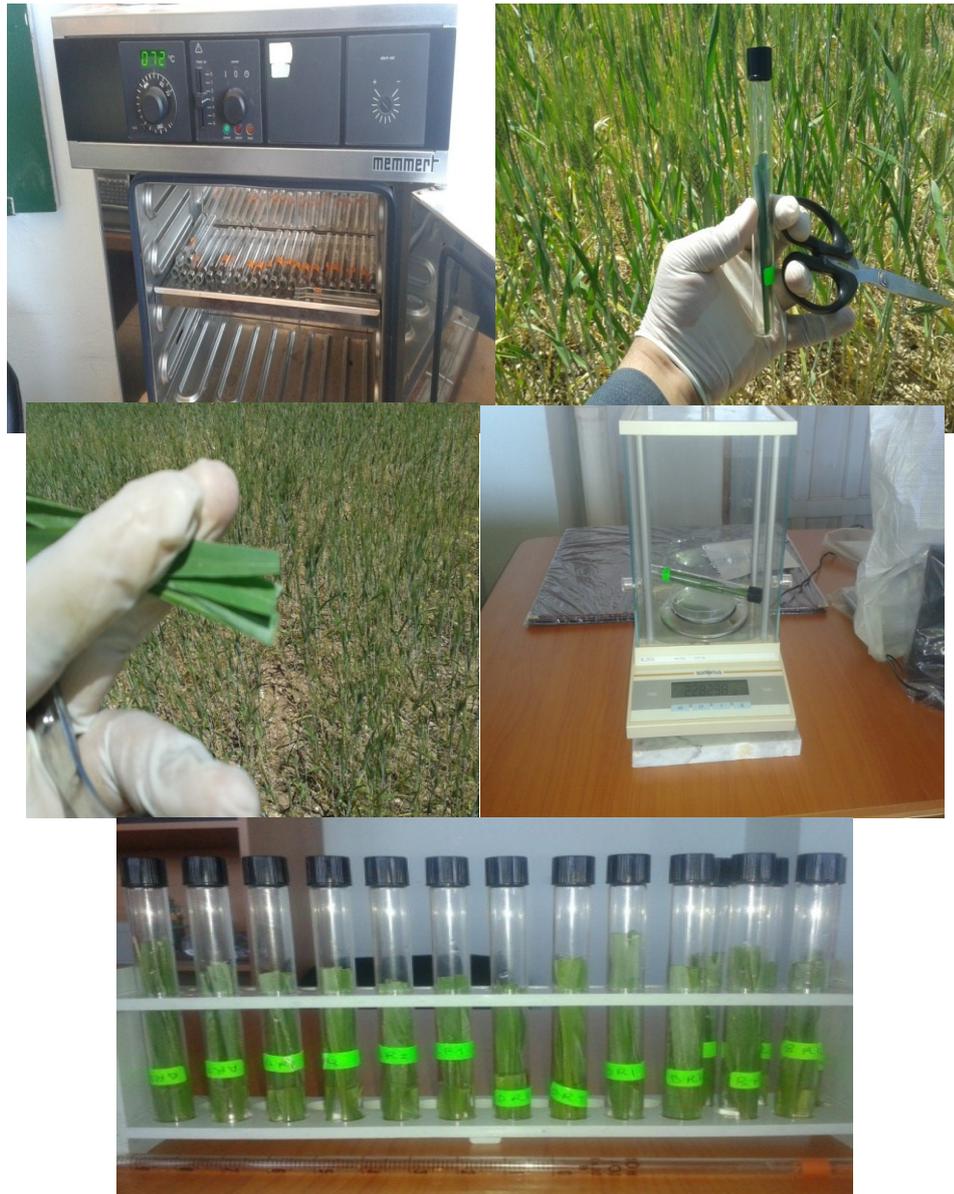


Figure 2.6 : Mesure de la teneur relative en eau des feuilles de blé dur au laboratoire, INRAA-Sétif (FORTAS, 2015).

### 2.6.2. b. La teneur en chlorophylle

La teneur en chlorophylle totale présente dans les feuilles a été déterminée à l'aide d'un chlorophyllo-mètre digital de type SPAD 501 qui donne des lectures en unité SPAD. Il est utilisé pour évaluer la teneur en azote des feuilles puisque la majeure partie de l'azote est contenue dans la chlorophylle. Le principe repose sur la mesure de la fraction de la lumière transmise par la feuille à deux ondes (650 nm et 940 nm) sur une surface de 2 mm × 3 mm. Sur le milieu de la feuille étendard,

nous avons mesuré la teneur moyenne en chlorophylle total à raison de dix plants par chaque traitement étudié.



Figure 2.7. Mesure de la teneur en chlorophylle sur des feuilles de blé dur, faite sur le d'expérimentation (FORTAS, 2015).

### 2.6.2. c. La température de la canopée

La température de la canopée ( $T_c$ ) est mesurée après le stade épiaison à l'aide d'un thermomètre portable à infrarouge.

### 2.6.3. Suivi de la flore adventice

#### 2.6.3. a. Estimation de stock semencier des adventices

Le sol est un réservoir inépuisable de semences viables, représentant des centaines de millions de graines permettant une infestation permanente des cultures (BARRALIS, 1973) [105]. Cela motive les propos de BARRALIS & SALIN (1973) [105] selon lesquels, lorsqu'une mauvaise herbe commence à se manifester de façon inquiétante pour l'agriculteur, il y a déjà dans le sol au moins dix fois plus

de semences et sur le plan agronomique cela représente de longues années de travail pour en venir à bout.

A ce sujet, ROBERTS et DAWKINS [106] estiment à 235 millions par hectare la quantité de graines viables dans les 23 premiers cm au début d'une expérience à Wellesbourne. Ces auteurs révèlent que 18 années sont nécessaires pour réduire ce stock est le ramené à 1% de sa valeur initiale en condition de non-culture, à raison d'un taux annuel de diminution de 22 %.

Par contre, à raison d'une décroissance respective de 30 et 36 % par an dans des parcelles retournées 2 fois et 4 fois par an, il faudrait respectivement 13 et 10 années pour ramener le stock à 1 %.

Comme on peut le constater, le stock de semences du sol évolue très lentement et selon BARRALIS [105] il est très stable dès qu'il atteint un palier situé entre 20 et 50 millions de semences à l'hectare.

Dans notre étude pour cette campagne dans la région de Sétif et pour l'analyse du stock semencier, des échantillons de sol ont été prélevés le 07 octobre 2013 de chaque traitement à raison de 15 échantillons d'une seule profondeur, 0-15 cm. Les dimensions de chaque échantillon sont de 10×10×15 cm [107], (figure 2.8).



Figure 2.8. Prélèvement des échantillons pour estimer le stocke semencier des adventices, sur le site de l'expérimentation (FORTAS, 2015).

Les échantillons sont placés dans des assiettes en plastique de diamètre de 21 cm. Les assiettes sont installées dans une serre de culture, les plantules germées sont identifiées et dénombrées.

Pour les grains qui n'ont pas germé, en raison de leur dormance, nous les avons installés durant un mois à l'obscurité, à 4°C pour lever la dormance (Mayoret *al.*, 1994) [108], puis elles sont remises en chambre de culture durant huit semaines,

les plantules germées sont identifiées et dénombrées. L'irrigation des terrines est effectuée régulièrement pour que le substrat reste humide. (Figure 2.9).



Figure 2.9. La serre de culture utilisée pour le suivi des adventices (FORTAS, 2015).

#### 2.6.3. b. Evaluation de la densité des mauvaises herbes

Un comptage des individus par mètre carré est effectué avant le deuxième désherbage.

Pour la détermination des espèces, nous avons suivi la nomenclature de : « les mauvaises herbes des céréales d'hiver en Algérie » de l'Institut Technique de Développement des grandes cultures (1976) [109], et le document : « les adventices de blé et d'orge en Maroc ; ABBES TANGI » [110]



Figure 2.10. Station de comptage de la flore adventice sur champs(FORTAS, 2015).

### 2.7. Analyse statistique des données

Les données collectées de l'expérimentation ont été soumises à une analyse de variance en se basant sur le logiciel The SAS System for Windows 9.1 (English). exeversion5. Le test de FISHER LSD a été utilisé pour constituer des groupes homogènes au seuil de 5%, et 1%. Alors que les relations entre les principales variables mesurées ont été étudiées à l'aide de la matrice des corrélations. Une autre analyse descriptive multidimensionnelle a été réalisée ; c'est l'Analyse en Composantes Principales (ACP), dont le but est de présenter et d'étudier les différentes variables choisies sur un système d'axes (les composantes principales).

## CHAPITRE 3

### RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Etude de climat de la campagne en cours

Le cumul des précipitations enregistrées durant la campagne d'étude (2013/14) s'élève à 383.40mm, de la période encadrant le cycle de la culture du blé, allant de Septembre à Juin. Ce volume dépasse la moyenne enregistrée sur vingt années qui est de 352,9mm (ONM-Sétif). La figure 3.1., met en relief la distribution mensuelle qui reste très variable d'un mois à l'autre. Le mois de Mars présente le cumul le plus élevé avec 74,0mm, alors que c'est l'inverse pour le mois d'Avril avec 2,2mm seulement (Figure 3.1.). Cette campagne s'est distinguée par une période de sécheresse longue de cinquante jours, englobant le moins d'avril et les deux premières décades du mois de Mai ; ce qui coïncide avec la phase de pleine croissance de la culture des céréales. Cette défaillance de la pluviométrie a fortement affectée le développement de la culture notamment la fertilité et le nombre d'épis.

La répartition des températures est bimodale, élevée au cours de l'été et basses durant l'hiver, atteignant les plus faibles valeurs au cours des mois de décembre (6,21°C), janvier (5,70°C) et février (5,72°C) et mars (1,96°C). De novembre à mars la température moyenne reste inférieure à 10°C, ce qui affecte le développement et la croissance de la végétation. Cependant, la température moyenne connaît une certaine croissance à partir du mois d'avril pour atteindre le niveau de 28,55°C. Les températures minimales enregistrées indiquent que les mois les plus froids sont : Décembre (0,3°C), Janvier (1,42°C), Février (1,15°C) et Mars (1,96°C) qui enregistrent les plus basses valeurs, affectant ainsi les moyennes durant cette période (Figure 3.1.). Les plus fortes températures sont inscrites en fin du cycle de la culture du blé, le mois de Juin avec 28.5°C (figure, 3.1).

L'absence de pluviométrie jumelée aux hautes températures durant la période de fin de cycle du blé, ont affectées fortement la culture des céréales, notamment le poids du grain. Baldy [111] abordent les effets du climat méditerranéen sur la croissance, le développement et le rendement agronomique des blés. Il indique que le rythme de développement des blés est affecté sous l'effet des températures élevées. Après floraison, les températures supérieures à 30°C à la surface des épis sont néfaste pour le stockage des assimilés et la qualité des grains [106].

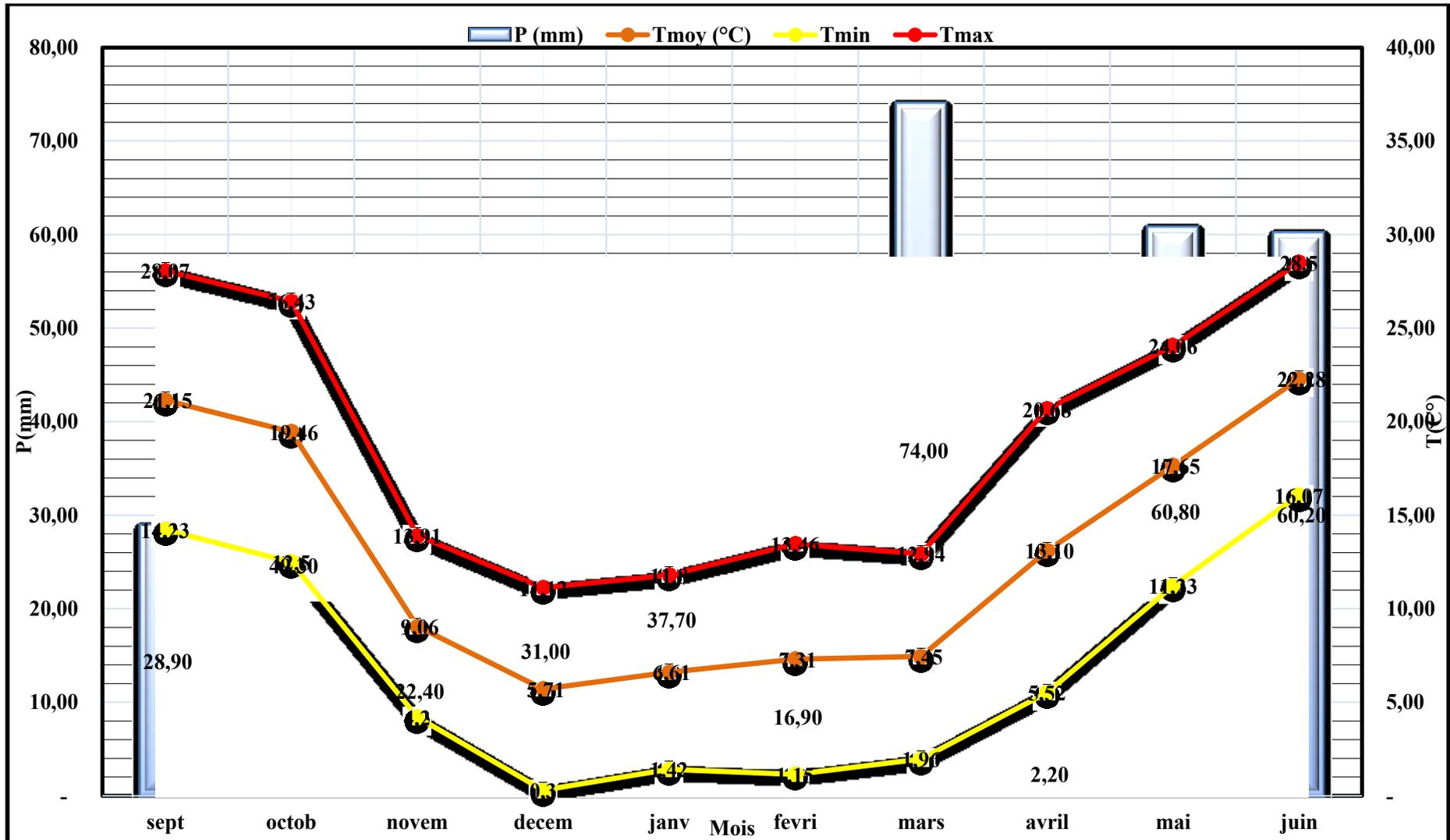


Figure 3.1 : Pluviométries et températures mensuelles ( $T_{Min}$ ,  $T_{Max}$  et  $T_{Moy}$ .) mesurées de la campagne d'étude (ONM Sétif, 2014)

### 3.2. Etude du profil cultural

La description d'un profil d'un sol représente un inventaire aussi exhaustif que possible, des caractères de ce sol. A ce sujet il va falloir subdiviser ce profil en "horizon".

A partir de la description du profil cultural, le sol du site expérimental est un sol à texture limono-argileuse, ayant une couche arable réduite (sol superficiel) où les profondeurs maximales sont inférieures à 22 cm, sa structure est grumeleuse (sol travaillé). Seulement deux horizons qui se distinguent par leur friabilité et leur humidité. (Figure 3.2 ; tableau 3.1).

Le premier horizon (0 -22 cm) se caractérise par une texture limono-argileuse fine et une structure grumeleuse et une coloration brune, l'action du HCL est vive, c'est un sol perméable, humide et peut compact, fortement colonisé par les racines à une profondeur inférieure à 15 cm, avec absence de galerie de vers de terre. L'observation du 1<sup>er</sup> horizon révèle la présence d'une couche dure, compact (une semelle de labour) de plusieurs centimètres d'épaisseur à une profondeur de 15 cm. Ce qui suggère que ce sol a été depuis longtemps travaillé par des charrues à disques à la même profondeur.

Concernent le deuxième horizon (22-80 cm). Cet horizon d'une épaisseur d'au moins de 60 cm environ et de couleur clair, humide, calcaire et très forte réaction du HCL, moins d'éléments grossier, aucune traces de matière organique, ni de passage de vers de terres, pas de porosité (tableau, 3.1 ; figure 3.2).

**Synthèse** : sol peu profond, à pH basique, absence d'activité de vers de terres d'une structure à tendance grumeleuse dans l'horizon de surface et continue en profondeur, avec présence d'une semelle de labour séparant la couche travaillée. Le sol de cette parcelle tend vers une organisation horizontale (figure, 3.3).

Tableau 3.1 : Résultats de l'étude et la description du profil pédologique de site expérimental. (ITGC.2013)

Horizons	Horizon 1(0-22Cm)	Horizon 2(58 Cm et plus)
<b>Situation géographique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Latitude : 36.18°</li> <li>• Longitude : 5.46°</li> <li>• Altitude : 1080m</li> </ul>	
<b>Morphologie de la parcelle</b> <b>Essai mis en place au niveau de la parcelle</b>	plat pas de pente Rotation	
<b>Profondeur</b>	22 cm	58 cm et plus
<b>Humidité</b>	Frais	Frais
<b>Couleur</b>	Brun	rouge jaunâtre
<b>Présence de gravier de 1 à 2cm</b>	3%	3%
<b>Action HCl :</b>	Vive	Vive
<b>Perméabilité</b>	Perméable	Perméable
<b>Porosité</b>	Poreux	Poreux
<b>Racines</b>	Forte présence des racines	Absence de racine
<b>Structure</b>	Grumeleuse	Polyédrique angulaire
<b>Accumulation</b>	Calcaire (concrétions et amas)	Calcaire
<b>Compaction :</b>	Peu compacte	Compacte
<b>Texture :</b>	limono-argilo fine	Limono-Argileux



Figure 3.2. Morphologie de surface de la parcelle du site expérimental (FORTAS, 2015).

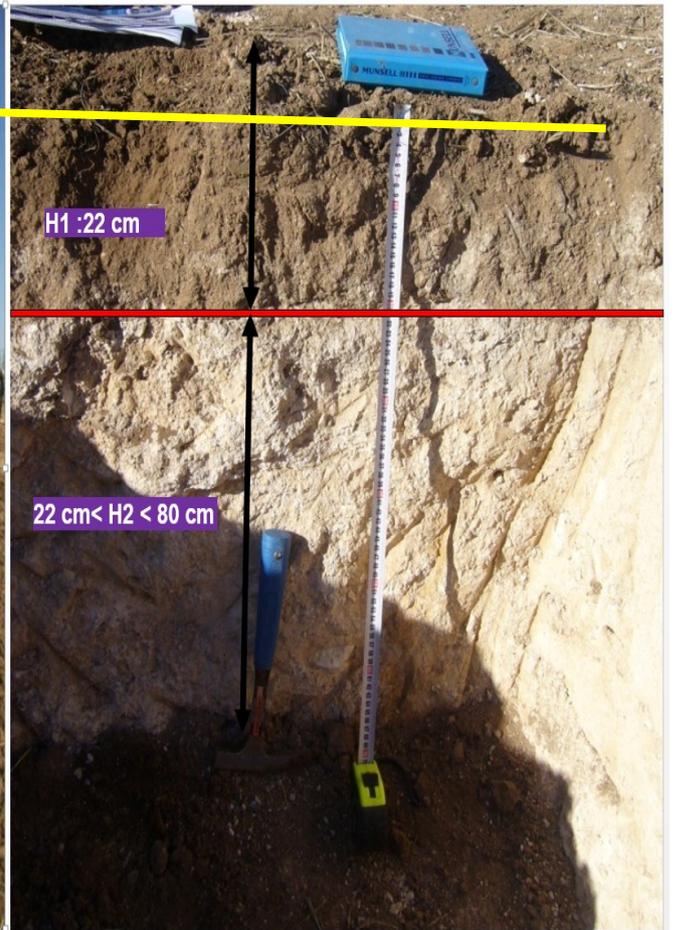


Figure 3.3. Le profile pédologique du site expérimental, montrant une organisation horizontale du sol (FORTAS, 2015).

### 3.3. Etude du sol du site expérimental

#### 3.3.1. L'humidité du sol

En milieu semi-aride où l'eau est rare, la préservation d'une quantité d'eau limitée par les pratiques adéquates du sol réduit l'effet de l'avènement d'un manque d'eau à un stade végétatif sensible. L'approche est fondée sur un développement agricole orienté vers la réduction de la perturbation du sol par l'utilisation de la ressource naturelle dans un contexte d'amélioration durable [112]. Sachant que l'eau reste un paramètre important de qualité du sol. Il constitue le plus souvent un facteur limitant des rendements. Dans les conditions de l'agriculture pluviale, le choix d'une technique du travail du sol repose le plus souvent sur son aptitude à permettre au sol d'emmagasinier l'eau et de le mettre à la disposition de la plante

en période de déficit pluviométrique. La littérature révèle que le système du semis direct (sans labour), les rotations et l'itinéraire peuvent avoir des effets sur le stock d'humidité dans le sol. En effet durant le cycle de la plante cultivée, l'humidité mesurée au niveau de la rhizosphère est fonction de la date de prise de l'échantillon, déterminant une variation de l'eau d'un stade végétatif à un autre.

Ainsi pour mettre en évidence l'effet des précédents culturaux de la culture du blé dur (*Triticum durum*, Desf), variété Bousselem sur l'évolution de la variable, les humidités du sol (H%) ont été mesurées au cours du cycle de la culture au niveau de trois profondeurs (0-10 cm, 10-20 cm et 20-30 cm). Les différentes dates de prélèvement sont :

D1- 59JAS (09/02/2014), D2- 89JAS (11/03/2014), D3-101JAS (23/03/2014), D4-123JAS (14/04/2014), D5-137JAS(28/04/2014), D6-145JAS (06/05/2014), D7-157JAS (18/05/2014), D8-165JAS (26/05/2014), D9-180JAS (10/06/2014), D10-193JAS (23/06/2014), tout au long du cycle de la culture du blé. La distribution de l'humidité du sol, sur les 30 cm du profil est fortement affectée par le précédent cultural.

#### 3.3.1.1. L'analyse statistique de la dynamique de l'humidité de sol durant le cycle de la culture de blé dur

L'étude statistique des résultats à travers l'analyse de la variance montre un effet précédent cultural hautement significatif ( $p < 0.01$ ) pour la majorité des dates (D2-89JAS, D3-101JAS, D4-123JAS, D5-137JAS, D7-157JAS, D8-165JAS, D9-180JAS, D10-193JAS), et un effet hautement significatif ( $p < 0.01$ ) de la profondeur du sol concernant les prélèvements (D4-123JAS, D6-145JAS, D7-157JAS, D8-165JAS, D9-180JAS, D10-193JAS) (Tableau,3.2). Alors que, D1-59JAS, D6-145JAS affichent un effet non significatif (tableau, 3.2). Concernant l'interaction des deux facteurs, on note un effet non significatif chez l'ensemble des prélèvements (tableau, 3.2). Il ressort que l'humidité varie selon les rotations et évolue en fonction de la croissance de la culture.

Tableau 3.2 : Carrés moyens de l'analyse de variance de l'humidité du sol.

<b>S.vari</b>		<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F1 * F2</b>	<b>Résid.l</b>	<b>CV(%)</b>
<b>Ddl</b>		4	2	8	30	-
<b>D1</b>	levée	12.67 <sub>ns</sub>	6.35 <sub>ns</sub>	4.13 <sub>ns</sub>	7.50	11.16
<b>D2</b>	3Feuille	31.40**	7.04 <sub>ns</sub>	1.36 <sub>ns</sub>	2.79	6.27
<b>D3</b>	Tallage	26.39**	0.44 <sub>ns</sub>	1.52 <sub>ns</sub>	2.57	6.21
<b>D4</b>	Fin tallage	39.93**	11.86**	0.79 <sub>ns</sub>	2.14	6.56
<b>D5</b>	Montaison	30.86**	7.63 <sub>ns</sub>	5.25 <sub>ns</sub>	6.08	14.37
<b>D6</b>	Début épiaison	4.42 <sub>ns</sub>	9.38**	0.58 <sub>ns</sub>	1.68	25.72
<b>D7</b>	Epiaison	8.05**	41.9**	1.25 <sub>ns</sub>	1.57	9.55
<b>D8</b>	Remplissage des grains	15.32**	64.02**	4.74 <sub>ns</sub>	2.40	6.72
<b>D9</b>	Remplissage des grains	22.53**	83.12**	6.94 <sub>ns</sub>	5.34	11.28
<b>D10</b>	Maturation complète	72.89**	90.74**	10.87 <sub>ns</sub>	11.66	19.03

F1 : précédents, F2 : profondeurs, D.d.l. : degré de liberté. ns, \*, \*\*, \*\*\* = effet non significatif, significatif au seuil de 5, 1 et 0.1 % respectivement. C.V. : Coefficient de Variation.

### 3.3.1.1. a. L'analyse des groupes statistiques homogène selon les traitements précédents.

Les mesures effectuées sur le taux d'humidité varient selon le traitement (les précédents), le cycle de la culture et la cadence des précipitations. Les valeurs extrêmes oscillent entre 29,44% (D2-89JAS) à 4,18% (D6-145JAS), respectivement pour les précédents : blé et l'association fourragère (pois/triticales). Pour l'ensemble des traitements le taux d'humidité enregistré durant les quatre premiers prélèvements est supérieur 20%. Cependant ce taux décroît dès le cinquième échantillonnage pour atteindre des niveaux extrêmement faibles <5-6% (D6-145JAS). Ce taux qui tend vers l'épuisement des réserves et coïncide avec les phases de forte demande en eau par la culture, jumelé aux faibles précipitations enregistrées durant cette phase. Ce déficit hydrique met la plante dans une situation de stress et par conséquent se répercute sur les jeunes pousses (talles) et également sur les composantes du rendement (fertilité et peuplement épi). Ce

résultat va dans le même sens de ceux obtenus par plusieurs hauteurs [114 ; 115 ; 116 ; 113].

Tableau 3.3 : Etude des valeurs moyennes des groupes statistiques homogènes de l'humidité du sol.

Traitements	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
<b>Précédents</b>									
<b>01. B/B</b>	29.44a	28.23 a	25.55a	19.75a	4.76b	12.87b	24.61a	18.56b	22.72a
<b>02. AF/B</b>	27.54b	26.25 b	22.10b	15.82c	4.18b	12.93b	21.33d	22.93a	16.92b
<b>03. O/B</b>	26.18bc	26.13 b	22.91b	18.39ab	6.11a	14.79a	22.83bc	19.99b	17.64b
<b>04. JC/B</b>	25.13c	24.33 c	20.28c	15.37c	5.06ab	12.33b	22.36cd	20.62b	15.11b
<b>05. L/B</b>	24.97c	23.97 c	20.66c	16.46bc	5.06ab	12.84b	23.99ab	20.24b	19.31b
<b>PPDS</b>	1.61	1.54	1.40	2.37	1.24	1.21	1.49	2.22	3.28
<b>Profondeurs</b>									
<b>03. P1</b>	--	--	21.77b	--	4.35b	11.55c	24.52a	17.97c	16.45b
<b>02. P2</b>	--	--	21.80b	--	4.85b	13.01b	23.88a	20.78b	16.59b
<b>01. P3</b>	--	--	23.33a	--	5.90a	14.89a	20.66b	22.65a	20.78a
<b>PPDS</b>	--	--	1.09	--	0.96	0.93	1.15	1.72	2.54
<b>MG</b>	26.65	25.78	22.30	17.15	5.03	13.15	23.02	20.46	18.34

Les précédents pratiqués sur la culture du blé dur, variété bousselem influent sur les volumes d'eau en profondeur du sol et par conséquent sur l'eau disponible pour la plante. A ce sujet l'analyse des valeurs moyennes par date de prélèvement révèle ce qui suit :

**Le deuxième prélèvement** effectué au stade début tallage et à 89 JAS, révèle la formation de trois groupes statistiques homogènes ; dont la différence des valeurs est supérieure à la Ppds. Le précédent blé forme à lui seul le premier groupe avec un taux d'humidité de 29,44%, suivi de pois/triticales (b) avec une valeur de 27.54%, soit des scores supérieurs à la moyenne de l'essai de 2,79, 0,89%. Cependant le deuxième groupe est constitué des précédents, jachère chimique et lentille avec des valeurs de 25.13 %, 24,97%. De tous les précédents seul le blé et le pois/triticales dépassent la moyenne de l'essai qui est de 26,65% (tableau, 3.3 ; figure, 3.4).

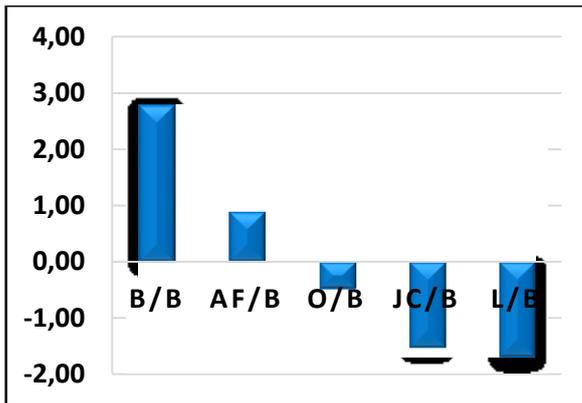


Figure 3.4 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D2).

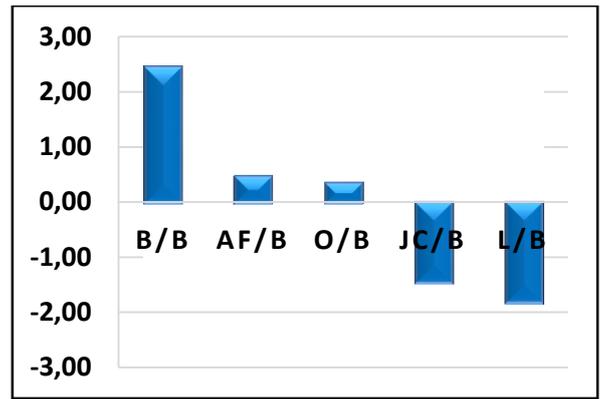


Figure 3.5 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D3).

**Le troisième prélèvement** effectué en date du 23/03/2014, soit 101JAS et coïncidant avec le stade plein tallage indique également la formation de trois groupes qui diffèrent statistiquement en valeur par rapport à la Ppds (tableau, 3.3 ; figure, 3.5). Le premier groupe formé seulement par le blé affiche la plus haute valeur qui s'élève à 28,23%, suivi un second groupe formé par deux précédents culturels à savoir le pois/triticales et l'orge dont les valeurs sont de 26,25 %, 26,13%. Ces deux groupes (a,b), possèdent des scores supérieurs à la moyenne du prélèvement qui s'élève à 25,78%. Le groupe ayant les valeurs les plus faibles est composé de la jachère chimique et la lentille avec des valeurs de 24,33%, 23,97% respectivement (figure, 3.6).

**La quatrième date** de prélèvement de l'humidité est identique aux données de l'échantillonnage précédent. Mettant en relief l'effet marquant du précédent blé pour l'emmagasinement de l'eau en profondeur du sol (figure, 3.7)

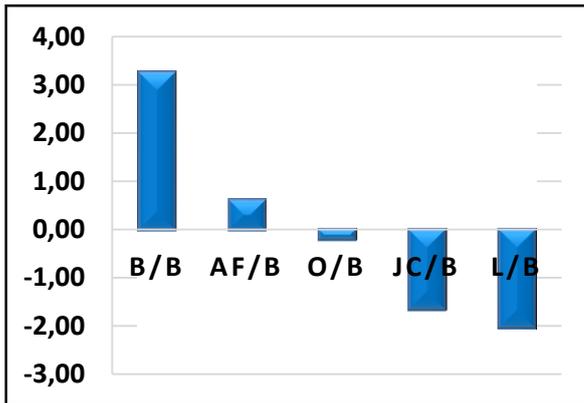


Figure 3.6 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D4).

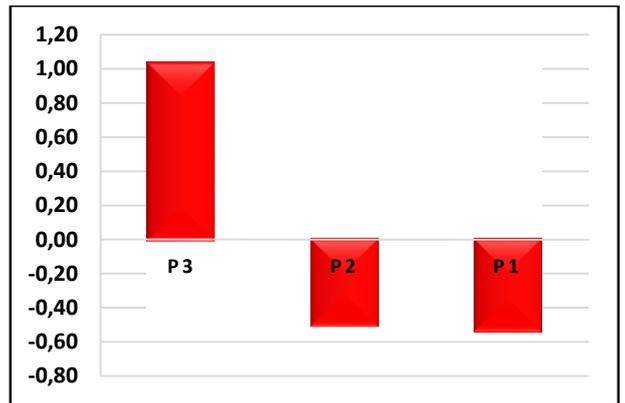


Figure 3.7 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des profondeurs et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D4).

**Le cinquième échantillonnage** effectué à 137JAS, en plein phase montaison révèle une baisse importante de l'humidité du sol à des niveaux inférieurs à 20%, pour l'ensemble des prélèvements. Ce dernier renferme deux groupes statistiques distincts, dont la différence en valeur est supérieur à la Ppds. Autre fait marquant de cet échantillonnage réside dans le changement à la tête du classement ou le blé a laissé sa place de leader à l'orge. Ce dernier constitue à lui seul un groupe homogène avec une valeur qui s'élève à 19,75%, soit 115,16% par rapport à la moyenne de l'échantillon (tableau, 3.3 ; figure, 3.8). Le second groupe est formé de deux précédents, le précédent pois/triticales et la jachère chimique, dont les données s'élèvent à 15,82%, 15,37%, respectivement. Ces derniers présentent des valeurs inférieures à la moyenne de la date de prélèvement, soit de 92,24%, 89,62%.

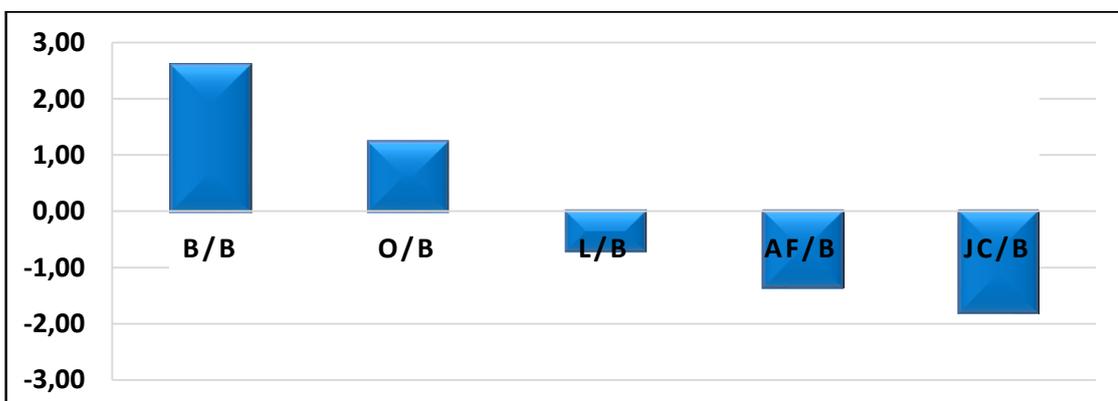


Figure 3.8 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D5).

**Le sixième prélèvement** effectué au stade début épiaison, à 145JAS. Durant cette phase la culture éprouve une grande sensibilité pour l'eau et tout manquement se répercute sur la croissance de la plante et les composants du rendement. Durant cette période, l'humidité a atteint son niveau le plus bas pour l'ensemble des prélèvements affichant des valeurs qui oscillent entre 6,11% à 4,18%. Ce prélèvement est composé de deux groupes statistiques, dont la différence en valeur est supérieure à la Ppds. L'orge à lui seul forme le premier groupe (a), avec une donnée qui s'élève à 6,11%, suivi par les précédents : blé et pois/triticales (b), avec des valeurs inférieures à la moyenne qui sont de : 4,76%, 4,18%, respectivement (tableau, 3.3 ; figure, 3.9).

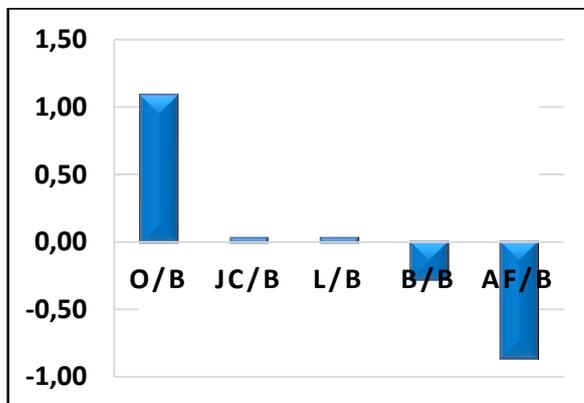


Figure 3.9 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D6).

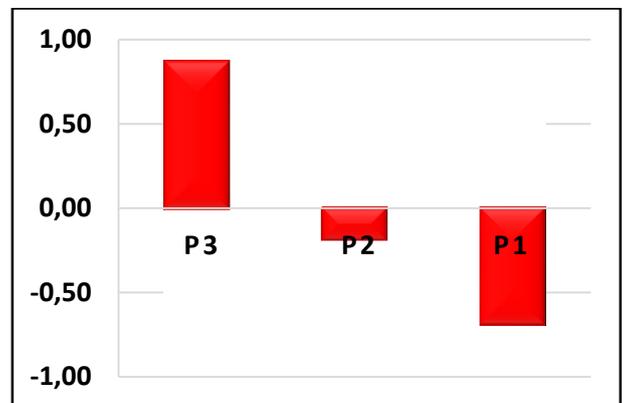


Figure 3.10 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des profondeurs et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D7).

**Le septième échantillonnage**, effectué durant la phase épiaison en date du 6 mai 2014, et à 145JAS, a connu une reprise de l'humidité pour atteindre des taux qui varient entre 12,33%, 14,79%. Cet échantillonnage est formé de deux groupes statistiques dont la diversité en valeurs est supérieure à la Ppds. L'orge avec la plus forte valeur (14,79%), constitue un groupe homogène. Le deuxième groupe est formé du reste des précédents avec des valeurs inférieures à la moyenne du prélèvement (tableau, 3.3 ; figure, 3.11).

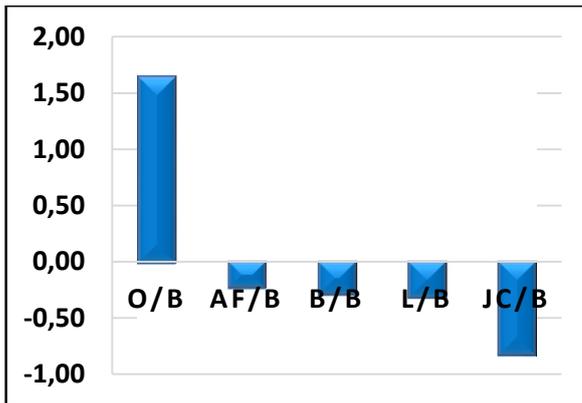


Figure 3.11 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D8).

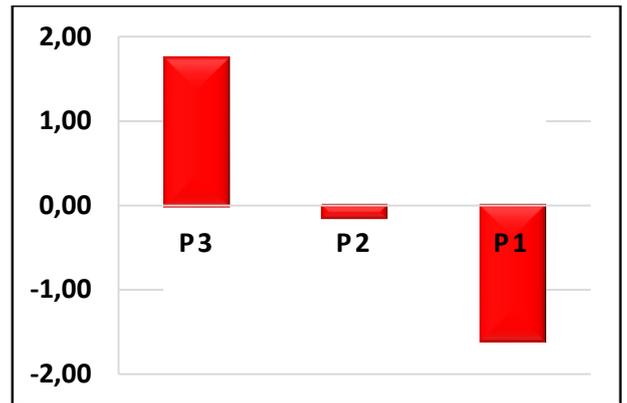


Figure 3.12 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des profondeurs et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D6).

**Le huitième prélèvement** effectué en date du 26 mai 2014, 165JAS, a été précédé par la reprise des précipitations, après une longue période de sécheresse. Le volume enregistré est de 33,6mm. Ce qui a permis la constitution de réserve d'eau dans le sol. A ce sujet, Baldy, [111], affirme que les quantités de pluies mensuelles supérieures à 20 mm contribuent effectivement à la recharge de la réserve d'eau du sol. Les valeurs oscillent entre 21,33%, 24,61%, indiquant la supériorité du précédent blé (a) sur les autres traitements. Un deuxième groupe statistique est formé par le précédent, orge dont la valeur est égale à 22,83%.

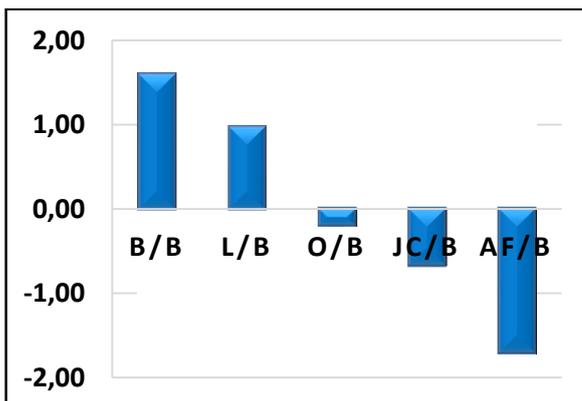


Figure 3.13 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D10).

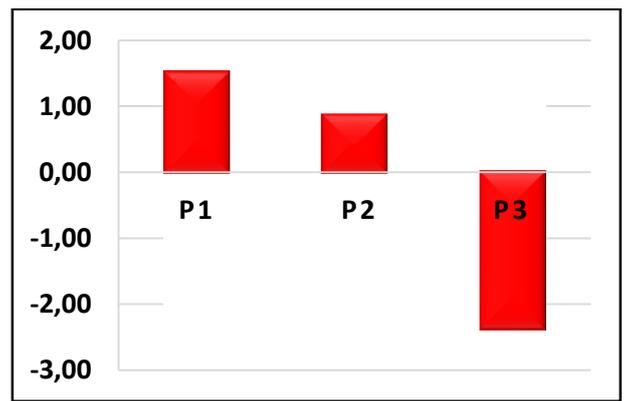


Figure 3.14 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des profondeurs et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D8).

**Le neuvième échantillonnage**, réalisé durant la période de remplissage du grain et à 180JAS, fait ressortir la formation de deux groupes homogènes, qui diffèrent statistiquement en valeurs. Le premier groupe (a) est représenté par le précédent pois/triticale avec une valeur de 22,93%, soit 112,07% par rapport à la moyenne de l'essai qui est de 20,46%. Les autres traitements constituent un seul groupe homogène (b) dont les valeurs sont : 18,56%, 19,99%, 20,24%, 20,62 ; respectivement pour le blé, l'orge, la lentille et la jachère chimique.

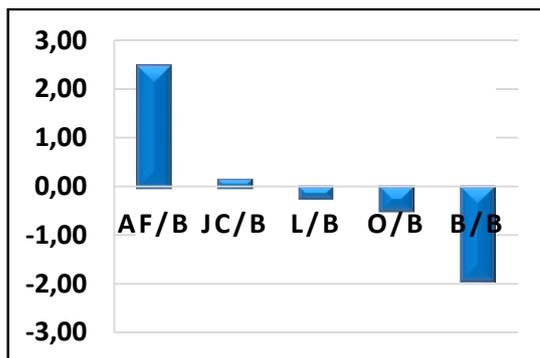


Figure 3.15 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D9).

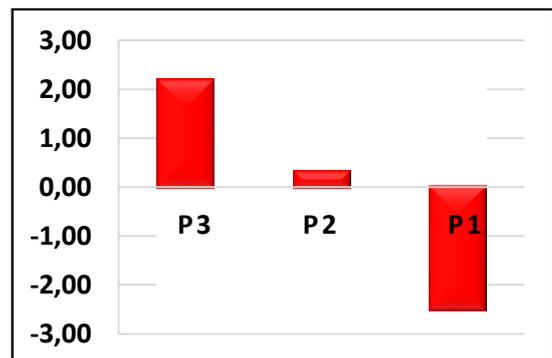


Figure 3.16 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des profondeurs et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D9).

**Le dernier échantillonnage**, D10-193JAS en date du 23 juin 2014 a été réalisé après la récolte de la culture du blé. Cet échantillonnage est formé de deux groupes homogènes dont la différence en valeur est supérieure à la Ppds. Le premier est constitué seulement du précédent blé avec une valeur de 22,72%, soit 123,34% par rapport à la moyenne de l'essai qui est de 18,34%. Le second groupe homogène est formé des autres traitements (figure, 3.16).

Il ressort de cette analyse que les précédents, blé accumulent plus d'humidité en profondeur en comparaison des autres traitements. Cette suprématie semble être attribuée aux résidus laissés par la céréale. En effet, le couvert végétal joue un triple rôle en limitant l'évapotranspiration du sol, favorise l'infiltration et limite le ruissèlement. Ceci est en accord avec les résultats de plusieurs auteurs qui affirment que le semis direct avec un couvert végétal retient plus d'humidité ([117] ; [118]) affirme que le non labour et le maintien d'un couvert végétal en surface aident à prolonger la durée de

dessèchement de la surface d du sol et gardent le sol plus humide une période de temps plus longue.

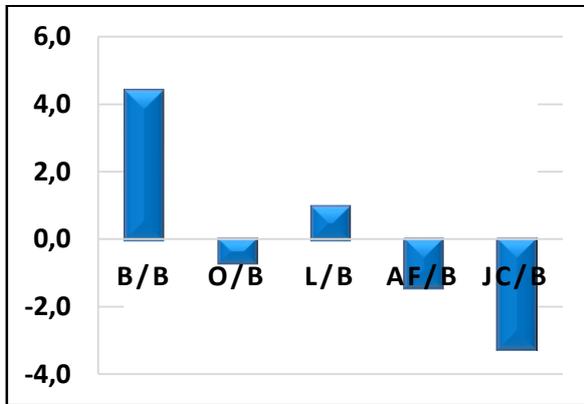


Figure 3.17 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D10).

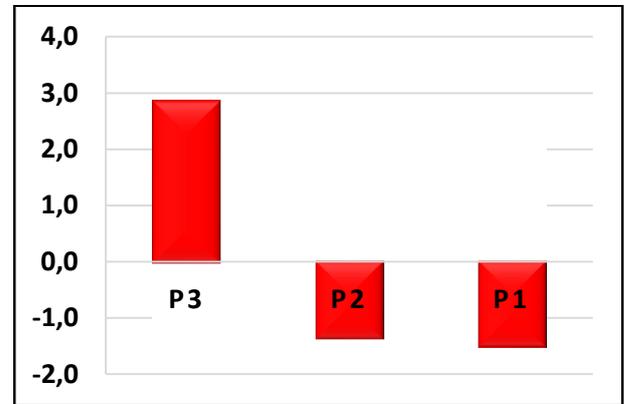


Figure 3.18 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des profondeurs et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (D10).

### 3.3.1.1. b. L'analyse de l'humidité du sol selon les profondeurs mesurées

Pour mettre en évidence l'effet des précédents culturaux sur le facteur humidité, selon les trois profondeurs : P1 : 0-10 cm, P2 : 10-20 cm et P3 : >20 cm, les humidités ont été mesurées au cours du cycle végétatif de la culture du blé dur, variété Bousselem.

A ce sujet les mesures assignées dans le tableau, 3.3., le **prélèvement D4-123JAS effectué en date 14/04/2014** et coïncidant avec le stade tallage de la culture, révèle la formation de deux groupes homogènes dont les valeurs oscillent entre 23,33%, 21,77%. Le premier groupe P3 (a), détient la plus haute valeur en humidité et dépasse la moyenne du prélèvement de 104,6%. Le second groupe qui au vue de la Ppds (1,09%) diffère du premier est formé des horizons P2 et P1, dont les données mesurées s'élèvent à 21,80%, 21,77% ; respectivement. Ce dessèchement des profondeurs de surface semble être attribué à l'effet combiné de la demande climatique (ETP), l'absorption racinaire de l'eau de la Rhizosphère, l'évapotranspiration induite par le couvert végétal. L'abondance de l'humidité dans la profondeur P3 >20 cm, provient des précipitations enregistrées durant ce mois (74,0 mm) ayant précédé l'échantillonnage.

**Le prélèvement D6-145JAS (06 /05/2014)**, relative à la variation du stock d'eau en profondeur du sol sous l'effet de différentes rotations, révèle une forte baisse par rapport à la mesure précédente. En effet en l'espace de huit jours, séparant les deux échantillonnages, nous avons enregistré un déficit en eau qui s'élève à -70,67%. L'étude des groupes homogènes indique la constitution de deux groupes homogènes qui diffèrent par la valeur de la Ppds. Le premier groupe (a) est constitué de la profondeur P3 (>20 cm), avec un taux d'humidité moyen qui s'élève à 5,90%, soit 117,30%, par rapport à la moyenne de l'échantillonnage. Cependant le second groupe(b) constitué des profondeurs (P2, P1), dans les taux d'humidité se hisse à 4,85%, 4,35%; respectivement (tableau, 3.3 ; figure, 3.12). Cette de baisse drastique de la moyenne de l'humidité chez les trois profondeurs s'explique par la rareté de la pluviométrie et l'accroissement de la demande climatique (ETP), sous l'effet de la biomasse produite par la culture et la hausse sensible des températures [119]. Le groupe leader est formé de la profondeur (P1) avec 24.52 %, en deuxième position la tranche de profondeur P2 avec 23.88% et en dernière position la (P3) avec un taux de 20.66% (tableau, 3.3 ; figure, 3.12).

**Le neuvième échantillonnage D9-180JAS (10/06/2014)**, mesure de l'humidité des trois profondeurs du sol et réalisé en plein maturité physiologique et après une pluviométrie abondante estimée à plus de 60mm, fait ressortir la formation de trois groupes homogènes qui diffèrent statistiquement (Ppds). L'humidité diminue progressivement avec la profondeur du sol. Le premier groupe (a) P3, renferme le plus d'eau, suivi du P2 (b) et en dernière position la profondeur proche à la surface (c) P3, dont les valeurs sont : 22,65%, 20,78% et 17,97%, soit, 110,70%, 101,56%, 87,83%, respectivement et par rapport à la moyenne de l'échantillonnage (Tableau.3.3. ; Figure, 3.16).

**Le dixième échantillonnage D10-193JAS (23/06/2014)**. Cette mesure a été réalisée après la récolte de la culture, d'où la transpiration du couvert végétal tend vers son niveau le plus bas. Cependant l'évaporation du sol est intense, sous l'effet des hautes températures et des fentes de retraits apparues durant cette période. Cette mesure fait ressortir la formation de deux groupes homogènes le premier possédant plus d'humidité est P3 (a), suivi des deux autres profondeurs P2 et P1 (b), dont les valeurs respectives sont : 20,78%, 16,59%, 16,45% (Tableau3.3 ; Figure, 3.18). Ces différences suggèrent que la partie superficielle du sol est soumise à plus d'extraction de l'humidité par les racines et également par la forte évaporation du sol, comparativement à l'horizon de profondeur [120].

### 3.3.2. Analyse physico-chimique du sol du site expérimental

L'analyse de la variance des éléments majeurs révèle un effet précédents culturaux et des profondeurs significatif pour l'élément phosphore (P), et non significatif pour les deux autres éléments à savoir l'azote et le potassium. Ceci peut être attribué à la mobilité du premier élément et au manque d'apport de la potasse par les agriculteurs (tableau, 3.4). Au sujet des éléments mineurs, on constate un effet significatif uniquement pour le magnésium, et non significatif pour les deux autres éléments le sodium (Na), et le calcium (Ca). Un résultat non significatif est aussi indiqué pour la conductivité électrique (CE) et le potentiel d'Hydrogène pH (tableau3.4).

Tableau 3.4 : carrés moyen des éléments majeurs, N, P, K, Na, Mg, Ca, CE, pH

S.	Ddl	N	P	K	Na	Mg	Ca	CE	pH
var									
F1	4	0,001 <sub>ns</sub>	96,47*	0,012 <sub>ns</sub>	0,394 <sub>ns</sub>	0,237*	15,026**	17,99 <sub>ns</sub>	0,005 <sub>ns</sub>
F2	2	0,003 <sub>ns</sub>	283,63**	0,011 <sub>ns</sub>	0,030 <sub>ns</sub>	0,016 <sub>ns</sub>	2,562 <sub>ns</sub>	11,24 <sub>ns</sub>	0,011 <sub>ns</sub>
Rési.	2	0,003	26,31	0,0051	0,033	0,067	2,30	7,74	0,005
CV%		37,95	20,04	14,15	51,35	12,70	3,98	12,93	0,91

F1 : précédents, F2 : profondeurs, D.d.l. : degré de liberté. ns, \*, \*\*, \*\*\* = effet non significatif, significatif au seuil de 5, 1 et 0.1 % respectivement. C.V. : Coefficient de Variation. N : azote, P : phosphore, K : Potasse, Na : sodium, Mg : magnésium, Ca : calcium, CE : conductivité électrique, pH : potentiel d'hydrogène

#### 3.3.2. a. Le phosphore

Le phosphore au même titre que l'azote et le potassium ; est considéré comme un constituant fondamental de la vie des plantes. C'est un élément nutritif essentiel nécessaire pour la croissance et le développement des végétaux. Il a des fonctions à caractères structural dans des macromolécules telles que les acides nucléiques et des fonctions de transfert d'énergie dans des voies métaboliques de biosynthèse et de dégradation [121]. C'est un facteur de précocité. Il accroît la résistance au froid et aux maladies [122]. Le phosphore est un facteur de croissance. A ce sujet, il est indispensable de connaître la teneur du sol en phosphore pour optimiser au plan agronomique et économique la fertilisation complémentaire en fonction des besoins du sol et des cultures et maintenir sa fertilité phosphatée.

L'étude des valeurs moyennes indique la formation de trois groupes statistiques homogènes, l'association fourragère (pois/triticales) et la lentille sont leaders avec un taux de 28.84 ppm, puis un groupe intermédiaire qui comporte la jachère chimique (24.88 ppm), le blé (24.20 ppm), l'orge occupe la dernière position avec un taux de 21.20 ppm, sachant que la Ppds est de 4.90.

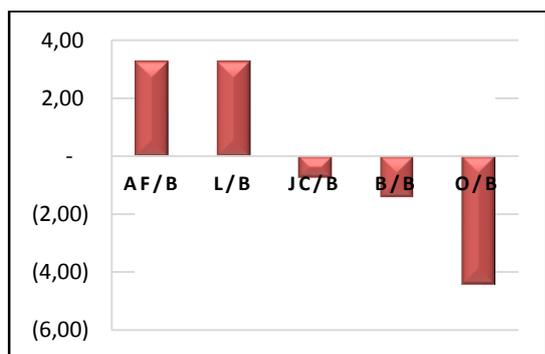


Figure 3.19 : Comparaison des groupes statistiques homogènes du phosphore selon les précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai.

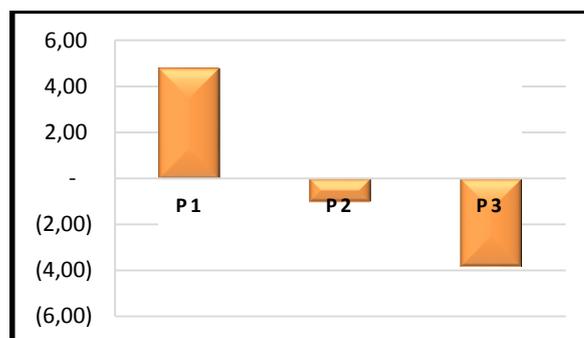


Figure 3.20 : Comparaison des groupes statistiques homogènes du phosphore selon profondeurs et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai

L'analyse de cet élément au sein des profondeurs du sol, fait ressortir la présence de deux groupes distincts : le groupe (a) représente la tranche de profondeur (P1) (0-10 cm) avec 30.34 ppm, suivi de P2 avec 24.62 ppm. Cependant le groupe trois est formé seulement de P3 (>20cm) avec un taux de 21.81ppm. Ce qui indique que le phosphore est accumulé au niveau des horizons de surface, riches en matière organique et non retournée (absence de labour), Des résultats similaires sont obtenus par [123], ils les expliquent par le fait qu'en semis direct, le phosphore se concentre en surface du sol contrairement au labour qui lui provoque une homogénéisation sur tout le profil cultural (tableau,3.5; figure,3.20).

Tableau 3.5. Etude des groupes statistiques homogènes des éléments phosphore, magnésium et calcium, selon les précédents et chez le phosphore pour les tranches de profondeurs.

Traitements	Phosphore (P)	Magnésium (Mg)	Calcium (Ca)
AF/B	28.84 a	2,11ab	37,00b
L/B	28,84a	2,07ab	37,63b
JC/B	24.88 ab	1,87b	36,95b
B/B	24.20 ab	1,86b	39,30a
O/B	21.20 b	2,24a	39,68a
PPDS	4.90	0,24	1,45
MG	26.38	2.03	38,11
P1	30.34 a	--	--
P2	24.62 b	--	--
P3	21.81 b	--	--
PPDS	3.79	--	--
M.G.	25,59	2,03	38,11

### 3.3.2. b. Le magnésium (Mg)

Le magnésium est un élément fertilisant essentiel de la production agricole. C'est un composant de la qu'on trouve dans la chlorophylle, donc très important pour la photosynthèse. Il renforce également les parois cellulaires et assiste la plante dans le maintien de sa structure et sa vitalité. Les plantes qui souffrent d'une carence de magnésium ont des feuilles jaunies. La forme sous laquelle cet élément est apporté est le sulfate de magnésium ( $MgSO_4$ ). L'analyse des moyennes révèle la formation de deux groupes homogènes. Le premier est constitué par le traitement orge avec une valeur 2,24. Le second groupe (b) est constitué de la jachère chimique et le blé, dont les valeurs respectives sont de : 1,87 et 1,86. Au vu des résultats d'analyse, on considère que les quantités contenues dans le sol reste faibles et des apports sont nécessaires non seulement pour les cultures mais également pour la biomasse du sol (tableau 3.5 ; figure 3.21).

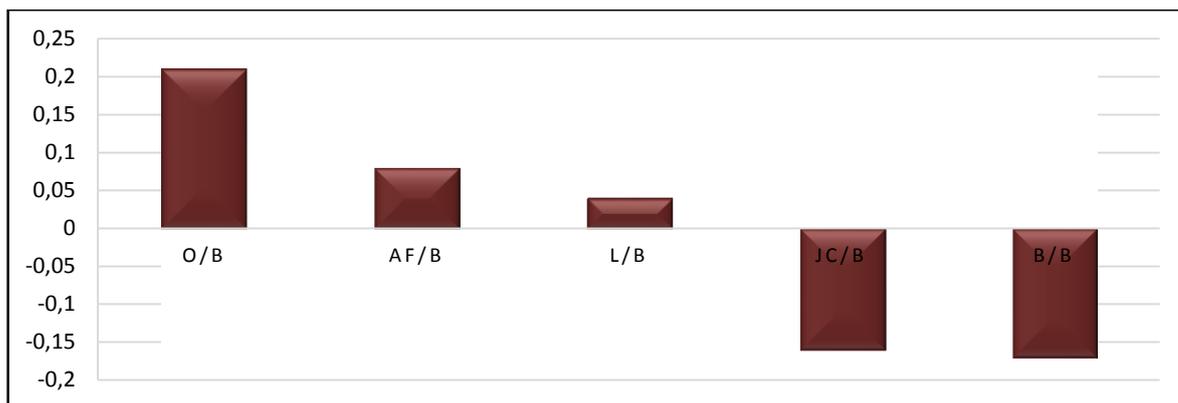


Figure 3.21 : Comparaison des groupes statistiques homogènes de l'élément magnésium selon les précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai.

### 3.3.2.c. Le calcium (Ca)

Le calcium joue un rôle important dans la constitution des tissus végétaux et permet aux plantes de mieux se développer. Cet élément est principalement actif sous forme de carbonate,  $\text{Ca}^{2+}$  est un aliment pour les plantes qui contiennent de 0,14 à 45 %  $\text{CaO}$  ( $\text{CaO} = 1,4 \text{ Ca}$ ), selon l'espèce, la nature des organes, l'âge ; les graines, fruits, racines et tubercules sont moins riches en Ca que les feuilles. La teneur en calcium des feuilles augmente avec leur âge. Sur le sol le calcium agit favorablement sur la stabilité structurale, intervient sur le pH et l'efficacité du complexe argilo-humique du sol, on maintenant les ions  $\text{PO}_4$  sous la forme assimilable. Comme il favorise la mobilité du  $\text{K}^+$ .

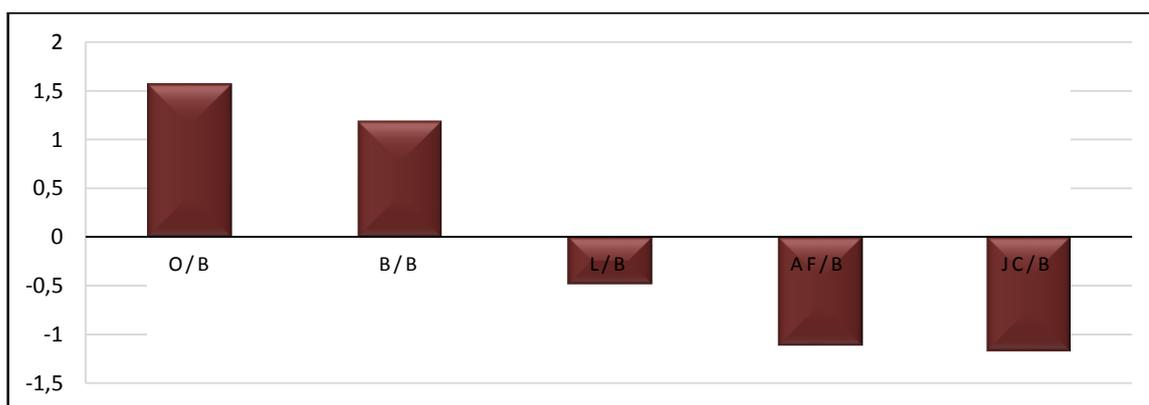


Figure 3.22 : Comparaison des groupes statistiques homogènes du calcium selon les précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai.

L'analyse des groupes statistiques fait ressortir la formation de deux groupes homogènes, dont les valeurs oscillent entre 36,95 à 39,68. Les traitements orge et

blé forme le premier groupe avec les plus fortes valeurs qui dépasse la moyenne générale de l'essai. Par contre les trois autres traitements forment un seul groupe homogène, dont les valeurs selon l'ordre décroissant 37,63 ; 37,00, 36,95, respectivement pour les traitements lentille, pois/triticales et jachère chimique. Le semis direct est un système qui permet l'enrichissement du sol en éléments minéraux de l'horizon de surface du sol, par rapport à une situation de labour [124].

### 3.3.3. Le carbone total et la matière organique dans le sol

L'analyse de la variance indique un effet précédent cultural significatif, pour les deux éléments mesurés. Cependant les données affichent un effet non significatif pour les trois profondeurs étudiées. Ce résultat révèle que ces deux éléments sont fortement affectés par les précédents étudiés (tableau, 3.6).

Tableau 3.6 : carrés moyens de l'analyse de variance du carbone et de la matière organique

Source de variation	DDL	Carbone total	Matière organique (MO)
Précédents	4	446.071**	0.1000*
Profondeurs	2	6.146376 <sup>ns</sup>	0.01114820 <sup>ns</sup>
Résiduel	2	19.366	0.02986988
CV(%)	-	9.93	7.34

D.d.l. : degré de liberté. ns, \*, \*\*, \*\*\* = effet non significatif, significatif au seuil de 5, 1 et 0.1 % respectivement.  
C.V. : Coefficient de Variation.

#### 3.3.3.a. Le carbone total et la matière organique du sol

En agriculture de conservation la nutrition des cultures ne passe pas nécessairement par des apports en éléments minéraux, mais par des résidus organiques aux multiples effets sur la fertilité des sols. Ce dernier est également entretenu par un ensemble de pratiques culturales, dont on cite les rotations des cultures, la maîtrise de la porosité et de l'humidité du sol.

La matière organique du sol est composée d'organismes vivants, de substances de composés végétaux et d'animaux et de produits en décomposition. Elle présente en générale que quelques pourcents (0,5 à 10%) de la masse du sol. En effet le niveau de la matière organique contenu dans le sol possède une influence majeure sur les propriétés physico-chimique du sol. L'agrégation et la

stabilité augmentent avec le contenu du carbone. Les conséquences sont directes sur le contenu du sol en eau et éléments minéraux. La matière organique joue un rôle centrale dans le complexe argilo-humique du sol, ont liant les particules minérales et de ce fait elle participe à la qualité de la structure du sol et sa stabilité vis-à-vis des agressions extérieurs (pluies, compactations ...etc).

D'après les résultats de l'étude de l'analyse des moyennes, on relève la formation de deux groupes homogènes dont la différence en valeurs est supérieure à la Ppds. Le traitement pois/triticales est leader avec un taux de 2,5%, formant ainsi un groupe homogène. Suivi de la lentille, la jachère chimique et du blé avec des valeurs respectives de : 2,43%, 2,29%, 2,29%. Le troisième groupe possédant la plus faible valeur est l'orge avec 2,25%. Il ressort de ces données que le sol est plus au moins riche en matière organique, conséquence directe de la pratique du semis direct sur la parcelle. La matière organique s'accumule amplement avec les précédents pois/triticales et la lentille (tableau, 3.7 ; figure, 3.23). L'apport en matière organique sous l'effet du semis direct permet une stabilité structurale de la couche arable. En effet la restitution au sol en matière organique, compense les pertes naturelles, sans omettre son rôle de stocker l'eau [125].

Tableau3.7 : Etude des groupes statistiques homogènes de l'élément carbone total et MO

Traitements	Carbone total	Matière organique (MO, %)
AF/B	52.99 a	2.500 a
JC/B	48.38 b	2.292 bc
L/B	45.48 b	2.430 ab
O/B	38.83 c	2.25 c
B/B	35.66 c	2.291 bc
PPDS	4.20	0.16
Moyenne générale	44.27	2.48

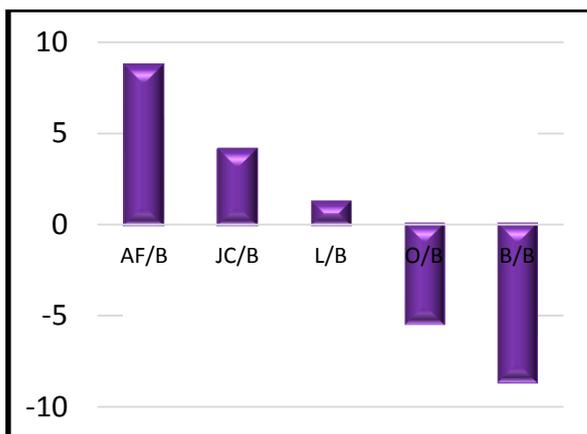


Figure 3.23 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (carbone total).

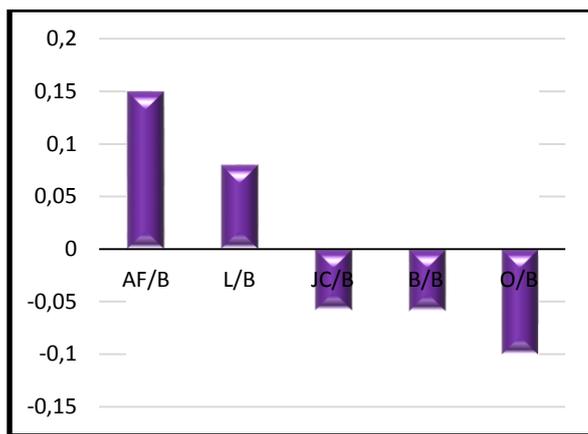


Figure 3.24 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (matière organique).

### 3.3.4. Etude de la mécanique du sol, la vitesse d'infiltration et densité apparente

#### 3.3.4.1. La vitesse d'infiltration

La vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol montre un effet significatif pour le traitement étudié. Ceci suggère que les précédents ont générés une variation pour ce caractère mesuré à l'aide du dispositif de Mütz. Cependant un effet non significatif est noté pour la variable densité apparente (tableau, 3.9).

Tableau 3.9 : Carrés moyen de l'analyse de variance de la vitesse d'infiltration (K, cm/h), et la densité apparente (Da).

Source de variation	DDL	K (Cm/h)	Da
Précédents	4	0.95 *	0.0075 ns
Résiduel	10	0.17	0.00523
CV(%)	-	31.48	7.07

D.d.l. : degré de liberté. ns, \*, \*\*, \*\*\* = effet non significatif, significatif au seuil de 5, 1 et 0.1 % respectivement.  
C.V. : Coefficient de Variation.

L'étude des valeurs moyennes de la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol, fait apparaître deux groupes statistiques homogènes distincts. Les traitements, lentille, jachère chimique forment le groupe (a) avec des valeurs moyennes de 1,95 K cm/h, 1,77 K cm/h, soit 146,61%, 133,08%, respectivement par rapport à la moyenne. Le second groupe portant des valeurs inférieures à ceux du groupe

précédent, est formé par les précédents céréales, orge et blé dont les valeurs sont 0,76 K cm/, 0,72 K cm/h, soit 57,14%, 54,13%. Globalement, l'eau s'infiltré dans les sols deux fois et demis plus vite chez les traitements lentille et jachère chimique que les deux espèces de céréale (tableau, 3.10 ; figure, 3.25).

Tableau3.10 : Etude des groupes homogènes de la vitesse d'infiltration

Traitements	K (l/m <sup>2</sup> /h)
L/B	1.95 a
JC/B	1.77 a
AF/B	1.45 ab
O/B	0.76 b
B/B	0.72 b
PPDS	0.76
Moyenne générale	1.33

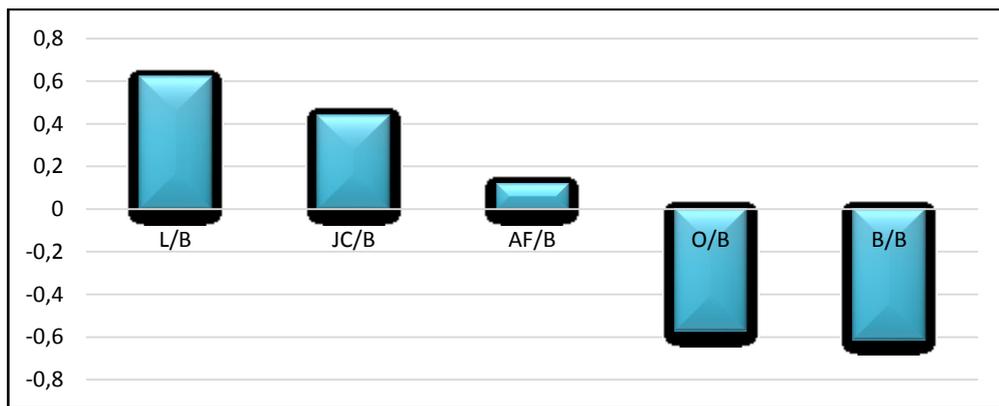


Figure 3.25 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (K (cm<sup>3</sup>/h).

#### 3.3.4.2. La résistance pénétrométrique du sol : R (N/cm<sup>2</sup>)

L'analyse de variance révèle un effet non significatif des précédents sur La résistance pénétrométrique du sol. Cependant on constate que la profondeur affiche un effet hautement significatif mettant en relief l'effet du semis direct sur la variation de la résistance pénétrométrique sur le sol (tableau, 3.11). Le test de Fisher LSD au seuil de 5% fait ressortir deux groupes statistiques fortement liés à la profondeur. Le premier groupe (1) englobe la profondeur 1, (0-10 cm), avec une valeur de 320,00 N/cm<sup>2</sup>. Cependant le sol en profondeur sa résistance pénétrométrique affiche une valeur très élevée de 712,67 N/cm<sup>2</sup> (2), soit plus de deux fois plus

résistante que la couche superficielle (tableau 3.12 ; figure 3.26). Ces valeurs représentent 138,02%, 61,98% respectivement par rapport à la moyenne de l'essai. Ces résultats confirment les informations rapporté par l'étude de description de profil pédologique (tableau 3.1 ; figure 3.2) et semblent être logiques avec la nature du sol sous conditions du semis direct et confirme ceux obtenus par Djaïdja[126].

Tableau3.11 : Carrés moyen de l'analyse de variance de résistance la pénétrométrique R (N/Cm<sup>2</sup>)

Source de variation	DDL	R (N/Cm <sup>2</sup> )
Précédents	4	5253.33 ns
Profondeurs	1	1156403.33 **
Résiduel	39	5576.66
CV(%)	-	

D.d.l. : degré de liberté. ns, \*, \*\*, \*\*\* = effet non significatif, significatif au seuil de 5, 1 et 0.1 % respectivement.  
C.V. : Coefficient de Variation.

Tableau3.12 : Valeurs moyennes des groupes statistiques homogènes de la résistance pénétrométrique

Traitements	Rp (R (N/Cm <sup>2</sup> ))
P2	712.67 a
P1	320.00 b
PPDS	56.88
Moyenne générale	516.33

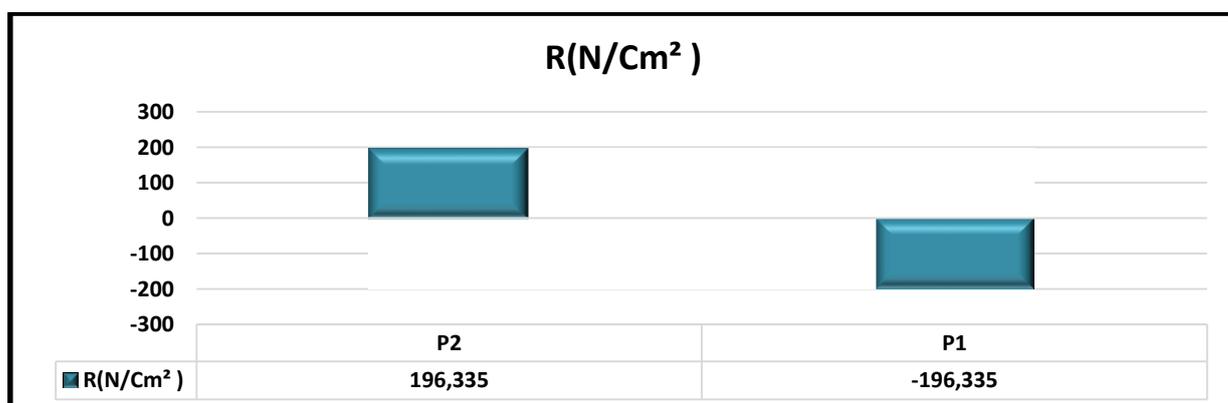


Figure 3.26 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai

### 3.4. Effets des précédents sur la culture de blé dur

#### 3.4.1. Effets sur les caractères agronomiques

L'analyse de la variance révèle un effet précédent cultural significatif à hautement significatif pour la hauteur des plantes (Ht), le poids de mille grains (PMG), le rendement paille (RDT<sub>paille</sub>), le rendement biologique (RDT<sub>bio</sub>), le rendement grain (RDT<sub>g</sub>) et l'indice de récolte (HI) et ne présente aucun effet pour le reste des caractères agronomiques (Tableau 3.21).

Tableau 3.13 : carrés moyens de l'analyse de variance des caractères agronomiques

Source de variation	Précédents	Résiduel	CV(%)
Ddl	4	10	-
NPL/M <sup>2</sup>	266.17 ns	337.56	7.08
NT <sub>epi</sub> /P	0.015 ns	0.012	12.21
HT (cm)	407.59 **	13.68	5.78
NE/M <sup>2</sup>	1890.04 ns	886.32	12.49
NG/EPI	26.18 ns	19.13	16.26
PMG	37.63 *	8.97	6.27
RDT <sub>paille</sub>	73.27 **	8.07	16.16
RDT <sub>bio</sub>	236.67 *	56.13	15.36
RDT <sub>g</sub>	137.56 *	36.38	19.78
HI	0.015 *	0.007	13.56

D.d.l. : degré de liberté. ns, \*, \*\*, \*\*\* = effet non significatif, significatif au seuil de 5, 1 et 0.1 % respectivement.  
C.V. : Coefficient de Variation.

L'étude des valeurs moyennes de la hauteur des plantes indique la présence de trois groupes statistiques homogènes, le premier groupe est représenté par la précédente lentille avec une hauteur de 77.26cm, le deuxième groupe par la jachère chimique et le fourrage avec des taux : 69.73 cm et 69.53 cm, respectivement. L'orge (52.53 cm) et le blé (50.86 cm) forment le dernier groupe avec une Ppds de 6.73 (Tableau 3.14 ; Figure, 3.27).

Tableau 3.14 : Valeurs moyennes des groupes statistiques homogènes des caractères agronomiques

Traitements	HT (cm)	RDT <sub>paille</sub> (Qx/ha)
L/B	77.26 a	15.35bc
JC/B	69.73 b	22.54 a
AF/B	69.53 b	22.54 a
O/B	52.53 c	11.11 c
B/B	50.86 c	11.11 c
Ppds	6.73	5.16
Moyenne générale	69.38	17.57

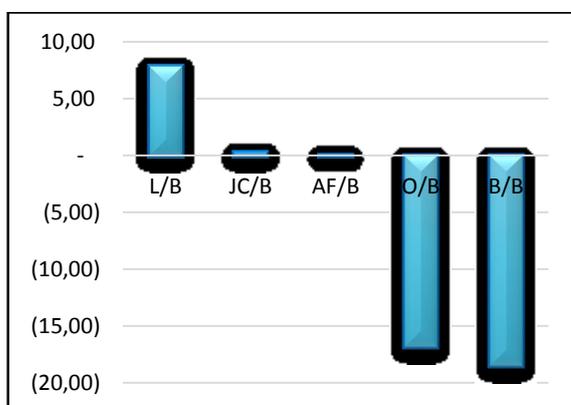


Figure 3.27 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (la hauteur des plantes)

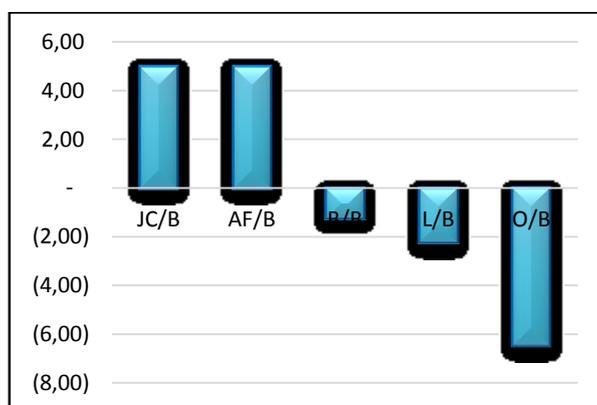


Figure 3.28 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai (rendement en paille)

Tableau 3.15 : Valeurs moyennes des groupes statistiques homogènes, poids de mille grains, rendement biologique, rendement en grains et l'indice de récolte

Traitements	PMG	RDT <sub>bio</sub>	RDT <sub>g</sub>	HI (%)
JC/B	52.13 a	57.51 a	36.70 a	64ab
PT/B	48.12 ab	56.53 a	34.51 ab	60ab
O/B	47.79 abc	37.25 b	24.85bc	69a
L/B	45.43 bc	50.32 ab	34.74 ab	67a
B/B	42.85 c	42.15 b	21.61 c	50b
PPDS	5.39	13.63	10.97	
Moyenne générale	47.26	48.75	30.48	62

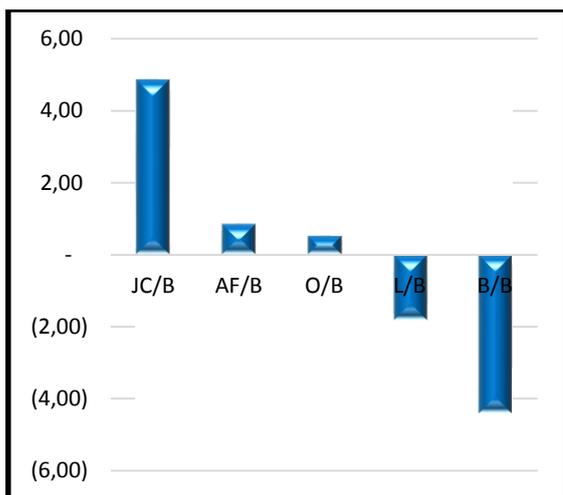


Figure 3.29 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai. (PMG)

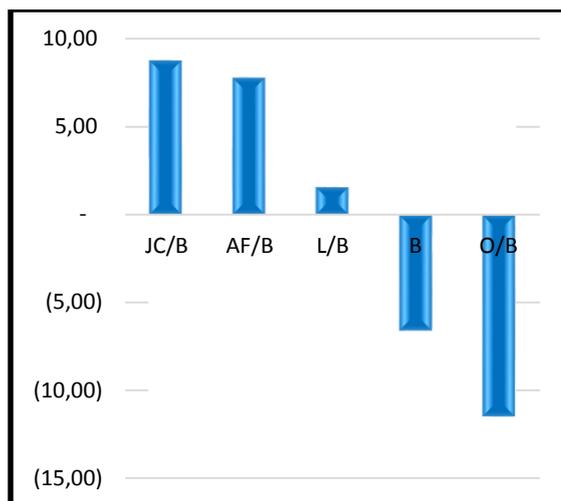


Figure 3.30 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai.(RDTb).

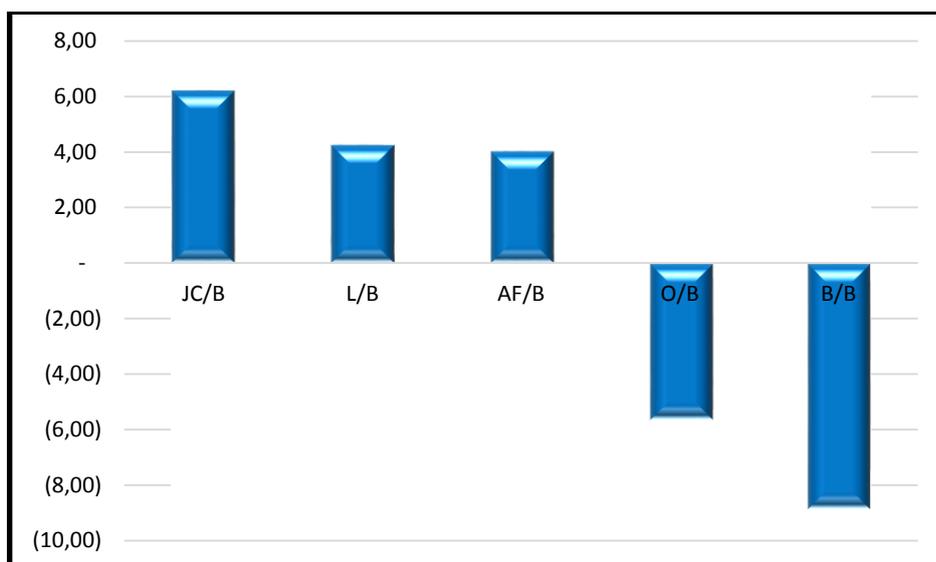


Fig.3.31. comparaison des groupes statistiques des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale (RDTg)

L'indice de récolte est le rapport RDTg et RDTpaille. En d'autres termes c'est la part du rendement dans la biomasse totale. La meilleure adaptation des céréales au niveau de la zone semi-aride apparaît à travers une liaison entre le rendement épis et une biomasse élevée [127]. L'analyse de la variance révèle un effet traitement significatif pour le facteur indice de récolte. Cette variation indique que les rotations pratiquées sont à l'origine de cette variabilité (tableau, 3.15).

### 3.4.2. Effets sur les caractères physiologiques

#### 3.4.2. a. Le taux de la chlorophylle dans les feuilles

La chlorophylle est le pigment vert qui permet aux plantes de photo synthétiser. A travers la photosynthèse, qui utilise l'énergie lumineuse pour convertir le dioxyde de carbone et l'eau en composants de bases pour les plantes. L'azote est une partie de la chlorophylle, en mesurant cette dernière, vous mesurez de façon indirecte la quantité d'azote dans la plante. Ceci permet une programmation plus efficace d'applications d'engrais. La mesure de la chlorophylle a été réalisée en plein champs à l'aide d'un appareil de mesure : chlorophylle-mètre SPAD, qui mesure instantanément la teneur en chlorophylle des feuilles.

L'analyse de la variance montre un effet traitement significatif pour la teneur en chlorophylle (tableau, 3.1.). Les valeurs moyennes du paramètre révèlent deux groupes statistiques homogènes. Le groupe (a) renferme deux traitements, à savoir l'Association fourragère (PT/B) et la JC/B avec des taux supérieurs à la moyenne ; soit 107,59% et 108,65%. Ces résultats sont liés à la variation du taux de Mg dans le sol. Le groupe (b), affichant les plus faibles taux est composé de deux traitements à savoir : blé/blé et orge/blé avec des scores négatifs par rapport à la moyenne de l'essai ; ces valeurs s'élèvent à 36,20U et 38,03U/SPAD ; soit -10,72 et -6,21 U/SPAD.

Tableau 3.16 : Carrés moyens de la variance des caractères physiologiques Teneur relative en eau, teneur en chlorophylle, T° du végétal à l'épiaison

Source de variation	DDL	TRE	SPAD	T(C°) EPIAISON
Précédents	4	77.26 ns	35.42 **	5.62 *
Résiduel	10	117.14	3.50	1.39
CV(%)	-	12.72	4.61	6.70

D.d.l. : degré de liberté. ns, \*, \*\*, \*\*\* = effet non significatif, significatif au seuil de 5, 1 et 0.1 % respectivement.  
C.V. : Coefficient de Variation.

Tableau 3.17: Etude des groupes statistiques homogènes de la teneur en chlorophylle en unité SPAD, et la température du végétal prise à l'épiaison.

Traitements	Chlorophylle (SPAD)	T° végétal
P/T	44.06 a	19,33a
J/C	43.63 a	18,66ab
Lentille	40.86 ab	16,93bc
Orge	38.03 bc	16,00c
Blé	36.20 c	17,00bc
PPDS	3.40	2,14
Moyenne générale	40.55	17,58

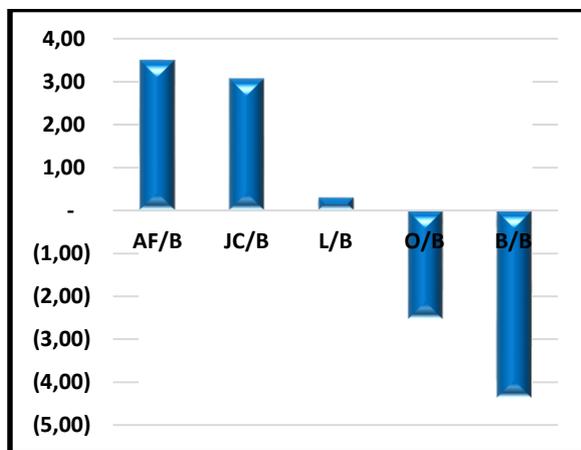


Figure 3.32 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai.(SPAD)

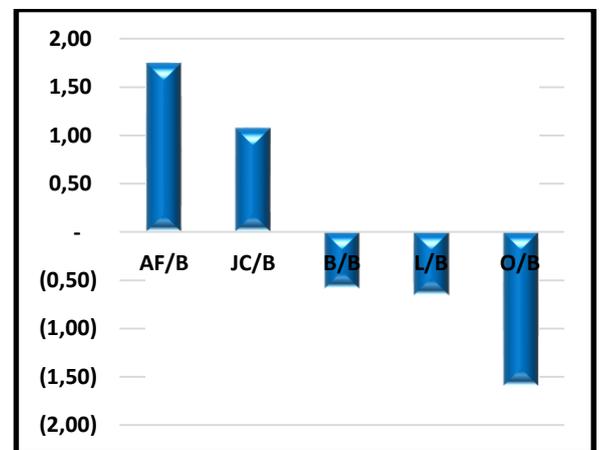


Figure3.33 : Comparaison des groupes statistiques homogènes des précédents et écarts par rapport à la moyenne générale de l'essai(T°Végétal).

### 3.4.2. b. La température de la canopée (mesurée après l'épiaison)

La mesure de la température de la canopée a été faite à l'aide d'un thermomètre infrarouge, qui permet de mesurer de façon rapide et instantanée la température du végétal. L'étude de la variance indique un effet traitement significatif pour la température de la canopée. Les valeurs moyennes extrêmes pour ce caractère oscillent entre 16,00°C à 19,33°C, respectivement pour la rotation orge/blé et association fourragère, soit une différence de 3,33°C. A ce sujet on observe que la température de la culture du blé dont le précédent est l'orge affiche plus de fraîcheur, suivi du traitement blé/blé, dont la température est de 17°C. A l'inverse l'association fourragère affiche une valeur en température élevée (tableau, 3.27 ; figure, 3.21). ce

résultat peut être lié à la différence en humidité, qui est en faveur des traitements céréales.

### 3.5. Effets des précédents sur la flore adventice

#### 3.5.1. Le stock semencier.

L'estimation du stock semencier fait ressortir la présence de sept (07) espèces ; dont, la majorité sont présentes aux différents traitements (précédents). Pour l'étude des résultats des observations faite sur le dispositif, l'analyse de la variance révèle un effet non significatif pour les espèces adventices recensées. Ceci indique que les rotations réalisées durant la campagne précédente, n'ont induit aucune variation dans le cortège floristique de la parcelle (tableau, 3.18).

Tableau3.18 : Carrés moyen de l'analyse de variance des espèces de la flore adventice dans le stock semencier.

<b>Source de variation</b>	<b>Précédents</b>	<b>Résiduel</b>	<b>CV(%)</b>
<b>DDL</b>		4	10 -
<b>La fumeterre</b>	9333.33ns		165.98
<b>Brome</b>	666.66ns		387.29
<b>Chardon</b>	666.66ns		387.29
<b>Moutarde des champs</b>	6000.00ns		223.60
<b>Véronique</b>	5666.66ns		192.45
<b>Papaver</b>	108673.33ns		91.06
<b>Ray gras</b>	2666.66 ns		387.29

D.d.l. : degré de liberté. ns, \*, \*\*, \*\*\* = effet non significatif, significatif au seuil de 5, 1 et 0.1 % respectivement.

C.V. : Coefficient de Variation.

Pour les plantes adventices dans l'essai « le stock semencier », le nombre est évalué à 1300 grains par mètre carré, formé de sept (07) espèces différentes et recensés sur les quinze échantillons de sol prélevé, soit deux (02) espèces monocotylédones et cinq (05) dicotylédones. Autre fait marquant est celui du traitement association fourragère/blé qui renferme toute les espèces adventices recensées avec en moyenne 100 grains par mètre carré, localisés au niveau de la deuxième répétition.

La fumeterre (*Fumaria officinalis*), compte 700 grains répartis sur les traitements AF/Blé, lentille/blé et orge/blé ; 400, 200, 100 individus ; soit 30,77%, 15,38%, 7,69% respectivement, par rapport au nombre total (figure, 3.34). Les autres espèces monocotylédones recensées sont le brome (*Bromus sterilis*), le ray gras (*Lolium multiflorum* Lam), chez les dicotylédones, on compte la fumeterre (*Fumaria officinalis*), le chardon des champs (*Cirsium arvensis*), la moutarde des champs (*Sinapsis arvensis*), la véronique à feuille de lierre (*veronica hederifolia*L) et le coquelicot (*Papaver rhoas*) (figure, 3.35).

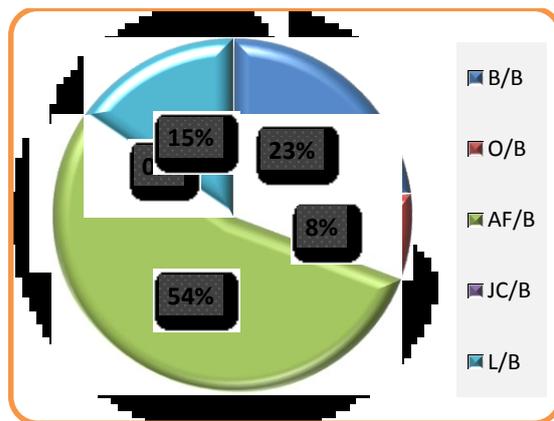


Figure 3.34 : Pourcentage des individus adventices par traitement

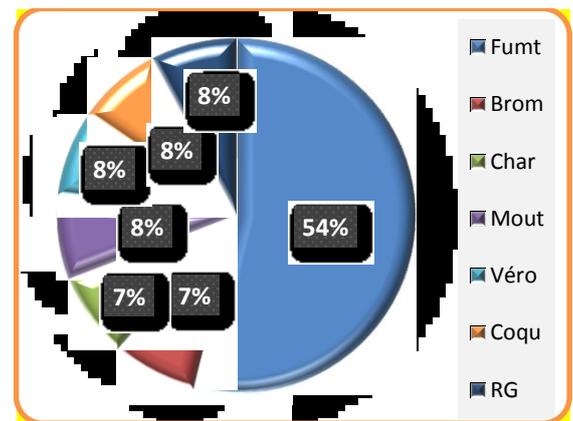


Figure 3.35 : Pourcentage des espèces par rapport au total

### 3.5.2. La flore adventice sur champ.

#### 3.5.2.1. Définition

Adventices, enherbement naturel, plantes bio-indicatrices ou mauvaises herbes?

En botanique : la plante adventice est une espèce végétale étrangère à la flore indigène d'un territoire dans lequel, elle est accidentellement introduite et peut s'installer [128]

En Malherbologie: Mauvaises herbe est une plante herbacée ou ligneuse indésirable à l'endroit où elle se trouve [128].

L'amélioration de la production agricole doit être accompagnée d'une lutte efficace contre les adventices d'où la connaissance approfondie de cette flore est nécessaire. La gestion de la flore adventice en conditions de non labour, est considérée comme l'une des plus importantes contraintes de réussite du système. L'adoption du semis direct favorise le développement du parasitisme, en raison, du

couvert végétal et du non perturbation du sol [129]. En effet, au fil des campagnes, le système non-labour accentue le risque d'apparition d'espèces vivaces difficiles à contrôler. Dans les situations de fortes infestations, la baisse des rendements peut atteindre 50-60% [130].

L'analyse statistique des résultats révèle un effet non significatif. Ceci suggère que les précédents culturaux étudiés n'ont générés aucune variation au sein du caractère en question (tableau, 3.19).

Tableau 3.19 : Carrés moyen de l'analyse de variance des espèces de la flore adventice sur le champ cultivé.

Source de variation	Précédents	Résiduel	CV(%)
<b>DDL</b>	4	10	-
<b>La fumeterre</b>	5525.93ns		63.09
<b>Brome</b>	42.16ns		153.81
<b>Chardon</b>	12.43ns		124.48
<b>Moutarde des champs</b>	4.93 ns		182.14
<b>Renouée</b>	21975.60ns		90.22

D.d.l. : degré de liberté. ns, \*, \*\*, \*\*\* = effet non significatif, significatif au seuil de 5, 1 et 0.1 % respectivement.

C.V. : Coefficient de Variation.

Pour l'ensemble des traitements et des parcelles élémentaires que compte l'essai, dont le nombre s'élève à quinze. Chaque répétition est matérialisée d'une station de comptage, d'une surface de 1 m<sup>2</sup>, dont le choix de l'emplacement est fait aléatoirement. L'observation a été réalisée au stade tallage, juste avant le deuxième désherbage chimique. Le nombre total d'adventices s'élève à 5481 plants, soit une moyenne de : 365 individus par station d'observation. Le nombre de plantes adventices le plus élevé est noté chez le traitement JC/Blé, suivi de LT/Blé et AF/B, dont les valeurs sont de : 1495, 1246, 1086, soit 27,27%, 22,73%, 19,81%, respectivement et par rapport au total recensé. Cependant, les traitements Blé/Blé et Orge/Blé, affichent des valeurs faibles qui s'élèvent à 864 et 790 plantes adventices, soit 15,76%, 14,61% respectivement (figure, 3.36).

Pour le traitement JC/Blé, caractérisé par la plus forte infestation d'adventices, compte cinq (05) espèces : soit 80%, de dicotylédones ; composées essentiellement

par la fumeterre (*Fumaria officinalis* L.), la renoué des oiseaux (*Polygonum aviculare*L.), le chardon (*Cirsium arvensis*L.) et la moutarde des champs (*Sinapsis arvensis*L.) ; et de 20% de monocotylédones de la famille des poacées. Le traitement L/Blé, dénombre : 1246 plantes adventices, tout en gardant les mêmes proportions en matières de types de plantes adventices. Les espèces monocotylédones (Poacées) sont composées principalement de brome (*Bromus sterilis*) (figure, 3....).

Les cinq espèces adventices que compte l'essai s'élève à 5481 plantes. Ce cortège floristique est composé principalement de dicotylédones, avec 98,1%, dont principalement la fumeterre (*Fumaria officinalis* L.), avec 2662 individus, soit 48,57%, suivi de la Renoué des oiseaux (*Polygonum aviculare*L.) ; soit 48,58%. Le reste est formé par la moutarde des champs (*Sinapsis arvensis* L.) et le chardon, compte 23 et 28 plantes adventices pour l'ensemble des répétitions ; soit 0,51 et 0,42%, par rapport à l'ensemble. Il est important de signaler que les monocotylédones (poacées) compte un nombre très réduit de 105 individus de brome (*Bromus sterilis*), soit 1,91% (figure, 3.37).

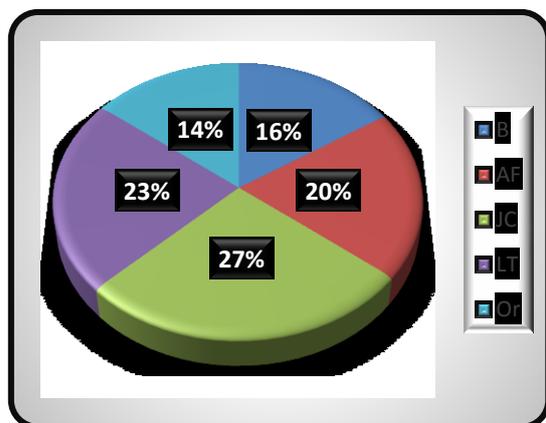


Figure 3.36 : seuil d'infestation en plantes adventices par traitement

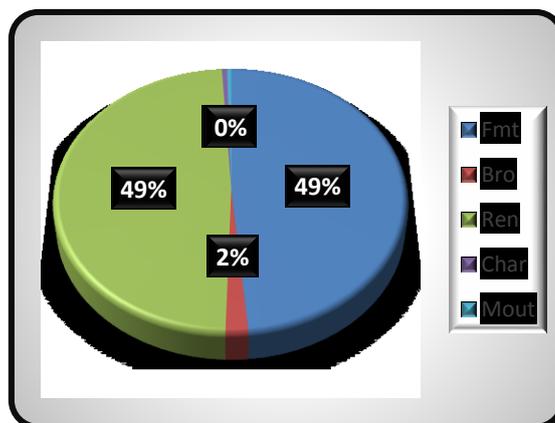


Figure 3.37 : seuil d'infestation en plantes adventices par espèce

Dans les conditions de travail simplifié, Il se produit une évolution de la flore des mauvaises herbes, en favorisant certaines espèces, dont les plantes vivaces [131]. Pour éviter l'inversion de la flore, l'idéal est de faire une rotation des cultures, de ne pas utiliser la même matière active de l'herbicide toutes les années, de labourer superficiellement de temps en temps et d'être bien conseillé [132]. Dans une enquête auprès des agriculteurs en Aragon (France), plus de la moitié des agriculteurs estiment que la plus importante contrainte de l'adoption du semis direct réside dans la

gestion des mauvaises herbes [133]. Une diminution notable des rendements, chez les céréales est constatée, pour cause des mauvaises herbes [130].

### 3.6. Analyse des corrélations entre paires de caractères

L'étude des liaisons entre les différentes variables mesurées indique que le traitement blé/blé est lié négativement avec pratiquement l'ensemble des caractères liés à la culture. Ce résultat confirme ceux obtenus dans l'analyse des moyennes. Cependant on relève des corrélations positives et significatives avec l'humidité dans ces trois profondeurs. Ceci met en relief le rôle joué par le couvert végétal de la céréale dans l'infiltration de l'eau en profondeur et également la limitation du ruissellement. Le rendement en grains est positivement lié au peuplement épis ( $r=0,800$ ), la fertilité ( $r=0,761$ ) et la biomasse aérienne ( $r=0,854$ ) (Appendice D ; tableau 4).

L'autre corrélation intéressante est celle liant le taux de chlorophylle avec le peuplement départ ( $r=0,581$ ), la hauteur des plantes ( $r=0,649$ ), le nombre d'épis/m<sup>2</sup> ( $r=0,650$ ), la biomasse aérienne ( $r=0,728$ ), le rendement paille ( $r=0,727$ ) et le rendement en grains ( $r=0,785$ ).

Ce résultat indique que l'azote joue un rôle important dans la définition du rendement et les composantes qui interviennent directement ou indirectement dans la productivité (Appendice D ; tableau 4).

La fertilité épi est positivement liée au rendement en grains ( $r=0,761$ ).

Le peuplement épis est également corrélé avec la biomasse aérienne ( $r=0,603$ ) le rendement paille ( $r=0,718$ ). Ceci indique que le traitement qui produit plus de biomasse produit aussi plus de grains par unité de surface (Appendice D ; tableau 4).

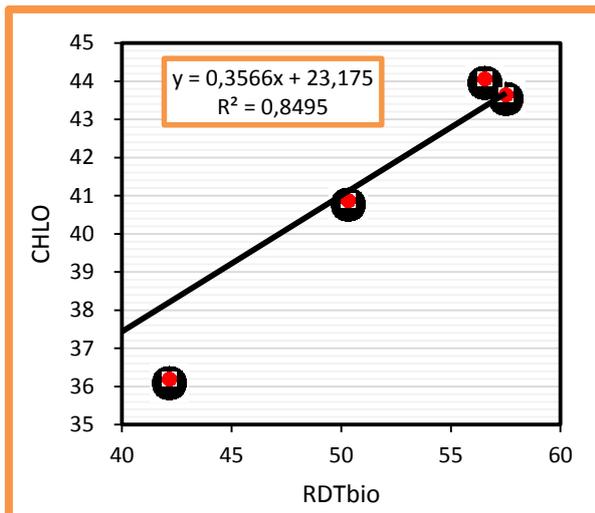


Figure 3.38 : Relation entre la teneur en chlorophylle et le rendement en grain, chez la variété Bousselem.

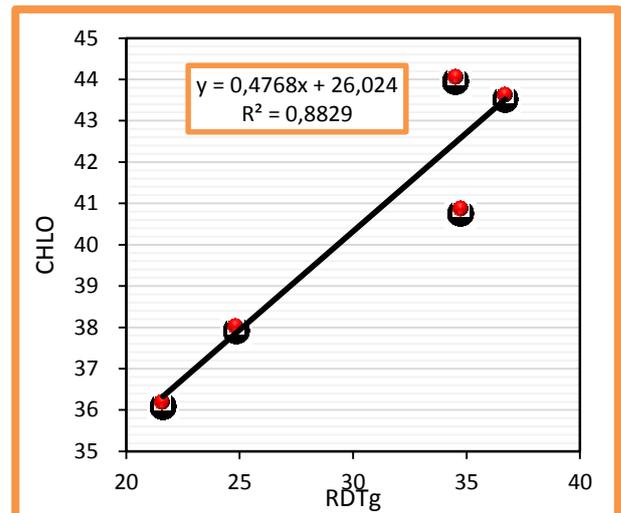


Figure 3.39 : Relation entre le rendement biologique et la teneur en chlorophylle, chez la variété Bousselem.

Néanmoins, la table des corrélations indique que l'humidité du sol à travers la moyenne et les différentes profondeurs concernées par la mesure est liée négativement avec l'ensemble des caractères de la productivité. Ceci semble être lié à la forte évapotranspiration engendrée par une forte production de biomasse. Donc, à mesure que la biomasse augmente l'eau contenue dans le sol diminue.

L'expression du rendement en grain, et de la biomasse aérienne chez la variété Bousselem, révèle que ces caractères sont largement déterminés par la teneur en chlorophylle contenue dans les feuilles (figure 3.38 ; figure 3.39). En effet la variation de rendement en grains et de la biomasse aérienne produite par la variété croît linéairement avec l'accroissement de la teneur en chlorophylle ( $R^2=0,88$  ;  $R^2=0,84$ , respectivement).

### 3.7. Analyse en composantes principales des caractères mesurés

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée dans le but d'examiner le positionnement des facteurs étudiés et de vérifier l'emplacement des variables mesurées par rapport aux traitements à savoir les différentes rotations de cultures utilisées (Blé/blé, Orge/blé, JC/blé, PT/blé et Lentille/blé sur la surface plane du graphique).

La figure 3.40, qui représente les valeurs de l'analyse révèle un emplacement diamétralement opposé le long des axes, des traitements étudiés. Cette situation semble être attribuée à la grande variation des rotations impliquées dans l'analyse. A ce sujet on relève que les rotations blé/blé, JC/blé et lentille/blé appartiennent à l'axe 1, avec des signes : positif pour le premier, et négatifs pour les deux autres rotations. L'analyse révèle que l'axe 1, et l'axe, 2 ; ont les valeurs propres les plus élevées et totalisent 61% de l'information disponible. L'axe 1, compte à lui seul 47,76% de l'information et lui est positivement lié les humidités du sol des trois profondeurs mesurées. Cependant on constate un positionnement sur le côté négatif des autres variables.

L'axe 2, avec 17,28% de l'information, dont la rotation jachère chimique/blé lui est lié, renferme sur son côté négatif la valeur relative à l'indice de récolte (figure 3.40)

Les figures 3.40 et 3.41, fait ressortir la formation de trois groupes de variables liés différemment aux traitements étudiés. Le premier qui semble être le plus intéressant réuni la jachère chimique/blé avec l'ensemble des variables de la productivité. Cependant le second est celui du traitement blé/blé réunissant les valeurs des humidités.

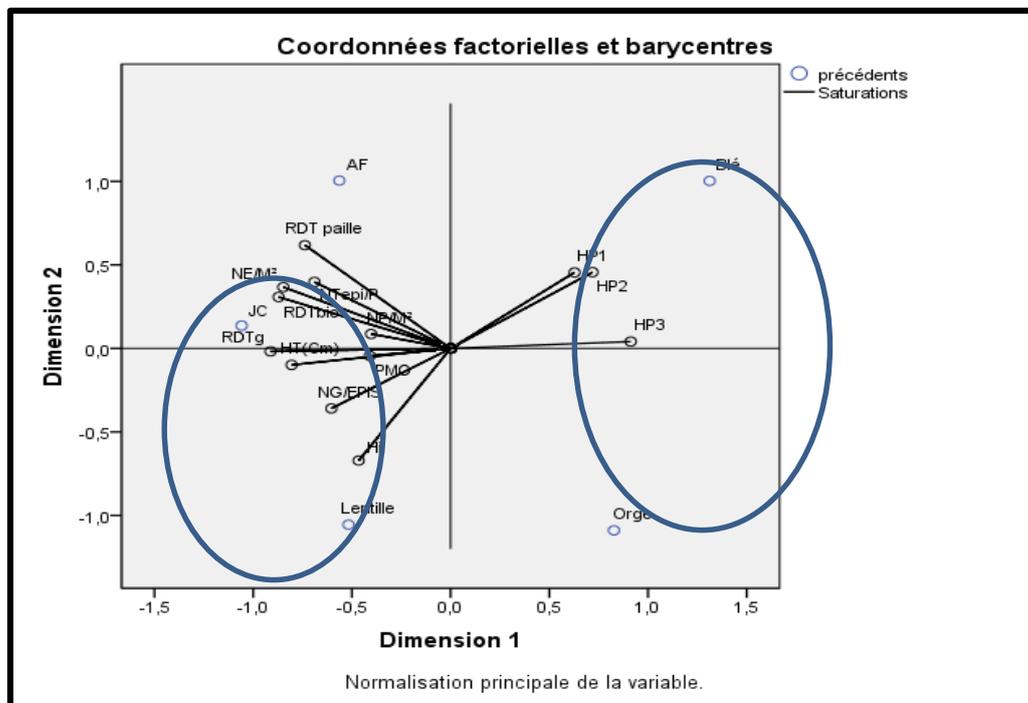


Figure 3.40 : Positionnement du facteur (les précédents) et les variables étudiées sur les axes 1 et 2.

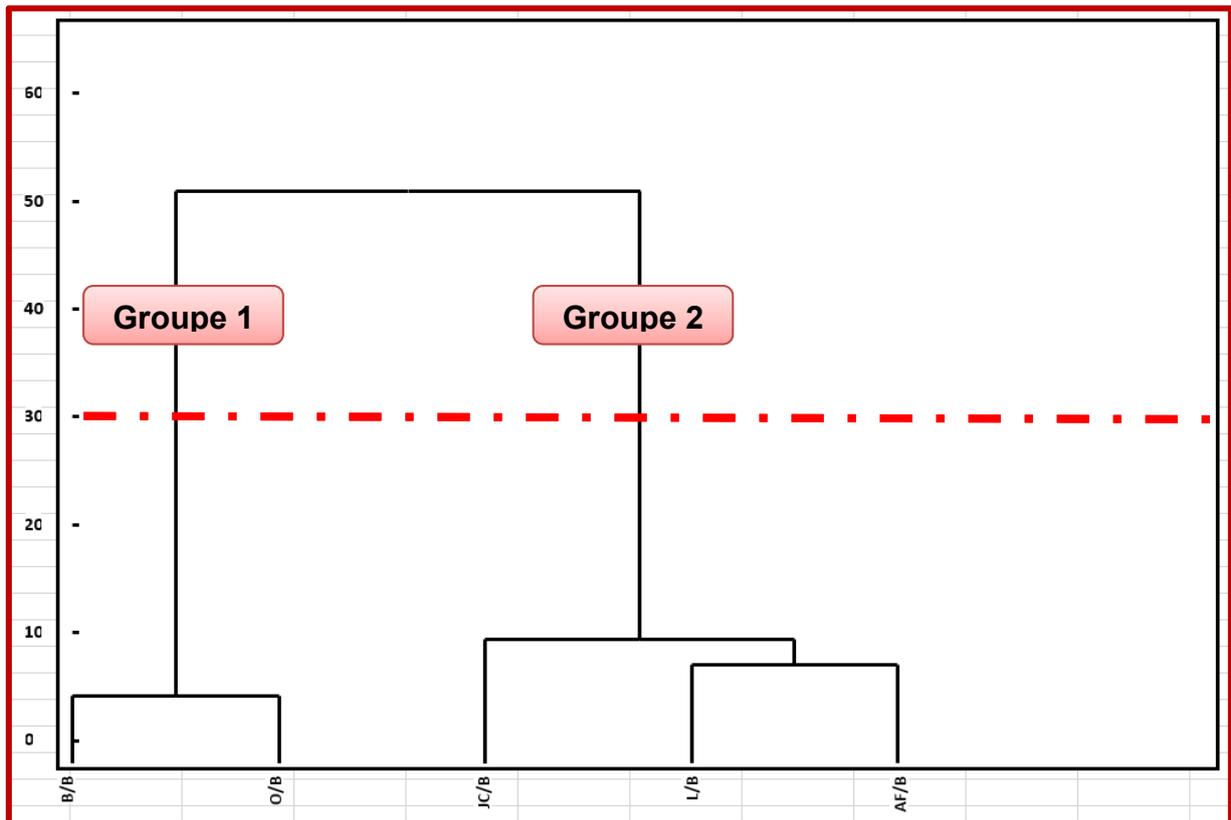


Figure 3.41 : classification ascendante hiérarchique des traitements étudiés

### 3.8. Centres de gravité projetés des précédents, selon les variables humidité du sol, vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol, le rendement en grains et la teneur en chlorophylle.

La figure 3.42 , relate la projection sur un centre de gravité des traitements étudiés en rapport avec les variables humidité du sol (moyenne des trois horizons), vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol, le rendement en grains et la teneur en chlorophylle. Le principe consiste à projeter perpendiculairement les traitements étudiés, sous l'effet d'un caractère mesuré. L'introduction de chaque variable a permis la projection des traitements selon l'ordre descendant.

Ainsi la projection de la variable rendement en grains, révèle que la rotation jachère chimique/blé présente une meilleure productivité, suivi du traitement lentille/blé et de l'association fourragère pois/triticales. Ces traitements sont situés sur la partie positive de l'axe et présentent des valeurs supérieures à la moyenne. A l'inverse les traitements blé/blé et orge/blé affichent des scores négatifs par rapport au centre de l'axe (figure, 3.42).

La projection de la deuxième variable, teneur en chlorophylle mesurée en unité SPAD, révèle que la jachère chimique présente la plus importante valeur, suivi de l'association fourragère (pois/triticales) et de la légumineuse en troisième position. Ce résultat met en relief le rôle que peut jouer les légumineuses dans la fixation de l'azote atmosphérique. A l'inverse la contribution des traitements céréales semblent être négative avec des taux inférieurs à la moyenne (figure, 3.42).

La vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol mesurée à l'aide du dispositif de Maüntz, suit la même tendance que les traitements précédents. La projection des traitements étudiés sur cette variable illustre que la jachère chimique est située en première position, suivi de très près de l'association fourragère (pois/triticales), et de la lentille au troisième rang. Ces traitements sont situés sur le côté positif de l'axe avec des taux d'infiltration supérieurs à la moyenne de l'essai. Cependant les deux espèces de céréales, blé et orge affectent moins cette variable et sont situées sur le côté inférieur de l'axe avec des scores négatifs par rapport au centre de l'axe de projection (figure, 3.42).

La moyenne de l'humidité du sol mesurée tout le long du cycle de la culture, dont on compte, dix échantillonnages, semble inversée la hiérarchie observée précédemment. Ainsi les traitements céréales affectent fortement l'humidité du sol. La rotation blé/blé, suivi de l'orge/blé sont positionnées positivement sur l'axe de projection et enregistrent des valeurs supérieures à la moyenne. A l'inverse les autres rotations Association fourragère (PT/Blé), lentille/blé et jachère chimique/blé affichent des valeurs négatives et sont positionnées sur le côté négatif de l'axe de projection. Ce résultat est attribué à l'abondance des résidus de récolte (couvert végétal) des céréales, à l'inverse des autres traitements notamment la jachère chimique qui occupe le dernier rang (figure, 3.42).

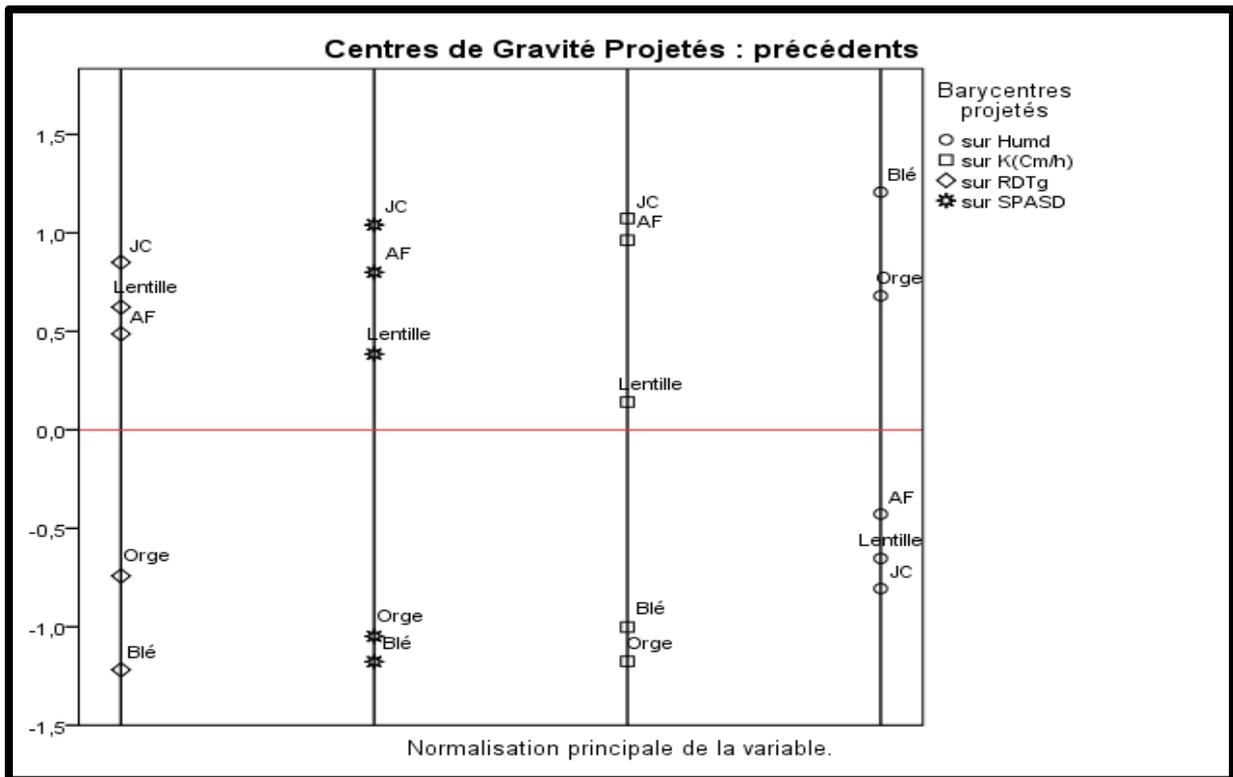


Figure 3.42 : Projection des précédents cultureux selon les variables

## SYNTHESE DES RESULTATS

### 1. Effets des différents types de précédents sur le sol

La présente contribution traite de l'effet de différents types de rotations sur la culture du blé dur et de quelques paramètres liés au sol, sous conditions du semis direct et en zone semi-aride. Elle est placée dans le prolongement du travail réalisé par [126], et entre également dans le cadre de l'adoption du semis direct dans la région. Après deux années d'application du système du semis direct au niveau de la plateforme projet CANA-EAC MANSOURI EL-KHEIR, l'analyse a abouti aux résultats suivants :

**L'étude du profil cultural** : les observations faites sur le profil révèle que le sol de la parcelle est peu profond, à pH basique, absence d'activité biologique, d'une structure grumeleuse en surface à continue en profondeur. La présence d'une semelle de labour séparant la couche travaillée, de la partie sous-jacente est attribuée aux labours répétés durant une longue période, aboutissant à une organisation horizontale du sol.

L'étude de l'humidité du sol mesurée durant le cycle de la culture suit la cadence des précipitations et traduit la capacité de rétention de l'eau dans la couche arable du sol. Celle-ci reste tributaire de l'état structural au moment des précipitations. Les taux d'humidité les plus faibles sont notés chez le traitement jachère chimique, suivi de la lentille. Cependant le précédent blé semble accumuler plus d'eau en profondeur que les autres traitements. Cet effet semble provenir des résidus de récolte en surface obtenus par le précédent blé. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Mrabet [7], indiquant que les résidus de surface en conditions de semis direct aident à maintenir le sol plus longtemps humide. Sadeghi et Bahrani (2009) [133], observent plus d'humidité en conditions de non labour. Hannachi et Fellahi [120], indiquent que le semis direct à 60% (SD<sub>60%</sub>) du couvert accumule plus d'humidité que les traitements SD<sub>0%</sub> et SD<sub>30%</sub>. Ces résultats confirment également, ceux obtenus par Mrabet [38] et Chenafi et *al.*, [135], mettant en relief l'importance du couvert, dans la limitation de la perte de l'eau par capillarité. Globalement l'humidité du sol en profondeur est plus importante que celle des horizons de surfaces, cette situation semble être attribuée

aux faibles précipitations enregistrées et également à la forte évapotranspiration durant cette période. Ces résultats ne vont pas dans le même sens que ceux obtenus par Djaïdja [126].

Le phosphore, le magnésium et le calcium, trois éléments assimilables par la plante et qui se trouvent dans la solution du sol. L'assimilation de ces éléments est fonction du pH du sol. Le niveau d'acidité et de basicité marque fortement leur assimilation. Un pH acide inférieur à 6 et ou basique supérieur à 7, certains éléments ne sont plus assimilés. La plupart des plantes ont donc une croissance optimale lorsque le pH du sol est compris entre 6 et 7 car la majorité des éléments nutritifs sont assimilables dans cette zone de pH. Les analyses effectuées sur plusieurs points de la parcelle affichent un pH >7 à proche de 8. Ce niveau de basicité affecte négativement l'assimilation des éléments nutritifs du sol [136].

Le phosphore est l'un des trois éléments majeurs de la fertilisation, est présent dans le sol, à la fois organique et minéral. En moyenne sur les 30 centimètres d'épaisseur de sol, le phosphore est estimé à 25,59ppm, Le gradient de la richesse en cet élément décroît selon les profondeurs et varie de 30,34ppm sur les dix (10) premiers centimètres, 24,62ppm sur la tranche 10-20 cm et abouti à une valeur réduite de 21,81ppm au niveau de la tranche 20-30 cm. En effet, le phosphore est un élément qui ne se lessive pas en profondeur et sa migration est généralement attribuée aux travaux du sol (labour). Les plus fortes valeurs sont données par les traitements PT/B et L/B. Cependant O/B et B/B affichent les plus faibles scores. Ce résultat peut être attribué aux rendements biologiques et en grains réalisés par les traitements JC/B, L/B et PT/B, comparativement à ceux obtenus par B/B et O/B. en effet, selon Gervy [122], les céréales blé et orge utilisent 1,2 à 1,5 unité/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> par quintal de grain produit avec l'équivalent en paille. Dutil [137], estime les exportations de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pour la même culture de 0,85 à 1.35 unité par quintal de grains.

Les valeurs du magnésium montrent que les meilleures concentrations sont données par le traitement O/B à l'inverse des précédent JC/B et B/B. Le magnésium est un constituant de la chlorophylle, donc indispensable pour la culture des céréales. Les carences sur céréales sont peu fréquentes et les quantités nécessaires s'élèvent à 10 -20 kg de MgO par hectares. A ce sujet la littérature révèle que ces quantités peuvent être fournies par la plupart des sols. Le calcium est un élément qui intervient pour l'alimentation des plantes mais son rôle réside dans la stabilité structurale. Il est

exceptionnel que le sol n'assure pas une alimentation calcique pour la plante. Sachant que les meilleures concentrations sont apportées par les traitements céréales (O/B et B/B).

La matière organique représente la fraction organique du sol. Elle joue un rôle central dans la stabilité structurale du sol, possédant une influence majeure sur les propriétés physiques et chimiques du sol. Les conséquences sont directes sur le contenu de l'eau du sol et de l'abondance des cations dans la solution du sol. Dans le système du semis direct sur couvert végétal, la matière organique a tendance à se concentrer sur les cinq premiers centimètres [38]. Le dosage de la teneur en matière organique effectué sur les différents traitements étudiés et après deuxième campagne de système sans labour, a mis en évidence l'effet des rotations sur le contenu de cet élément. Les résultats révèlent que la matière organique varie significativement selon le type de précédent. Le traitement PT/B présente la meilleure teneur avec 2.5%. Cependant le précédent, orge arrive en dernière position avec un taux de 2,25%. En effet, le taux de matière organique obtenu sur l'ensemble des traitements est supérieur à 2%. Ce résultat diffère de celui obtenu par Battouche et Labiod (1991) [138], qui révèlent que le taux de matière organique dans les zones des hautes plaines céréalières est faible avec des taux inférieurs à 2%. Plusieurs auteurs affirment que, le semis direct améliore significativement le contenu de la matière organique ([116] ; [139] ; [38]) de 1,4 à 2%. Ces résultats mettent en relief l'intérêt de la restitution de la matière organique au sol, dans le rôle de la matière organique dans l'immagasinement de l'eau et la libération des éléments minéraux [125].

Le semis direct favorise la matière organique de surface, donc la capacité de rétention en eau du sol. Le maintien des résidus en surface favorise l'infiltration en réduisant le ruissèlement et l'évaporation, ce qui permet de conserver une humidité utile en situations de sécheresse. Les résultats de l'analyse indiquent que l'eau s'infiltré dans les sols deux fois et demi plus vite chez les traitements lentille et jachère chimique que les deux autres traitements B/B et O/B. Ces résultats préliminaires doivent et méritent d'être vérifiés durant les prochaines campagnes, donnant le temps au système non-labour de s'installer. A ce sujet, ANGAR et al [140] mentionnent qu'il y a une augmentation du taux d'infiltration dans le temps des parcelles conduites en non labour.

Ainsi FINDELING et al [141], mentionnent que l'augmentation de la quantité de matières organiques dans les premiers centimètres d'un sol non travaillé faciliterait l'infiltration de l'eau. La présence d'un mulch en surface limite la remontée par capillarité de l'eau contenue en profondeur du sol [38].

La résistance mécanique à la pénétration a été mesurée à l'aide d'un pénétromètre, dont le but d'évaluer la compaction du sol et la dureté qu'oppose le sol à la progression mécanique des racines ou la résistance qu'elles doivent surmonter pour progresser en profondeur. Cette progression est fonction de la consistance du sol. Les mesures effectuées sur deux profondeurs à savoir : P1 (0-10 cm) et P2 (10-20 cm), indiquent que le sol en profondeur exerce une forte résistance que la partie superficielle. Cette situation semble être attribuée à l'historique de la parcelle, conduite en système conventionnel et dont les labours sont réalisés à la même profondeur.

BELLEMOU [142], constate clairement l'effet du passage des différents outils aratoires sur la compaction du sol dont le meilleur résultat est obtenu dans les sols menés en semis direct par rapport à ceux travaillés avec la méthode conventionnelle.

## 2. Effets des précédents sur les caractères agronomiques

L'étude de l'effet des rotations sur les caractères agronomiques de la culture de blé dur, variété Bousselem, indique que le traitement L/B, favorise les caractères hauteur des plantes mesurées à maturité, le poids de mille grains, la biomasse aérienne et le rendement en grains. Cependant les plus faibles valeurs sont données par les traitements B/B et O/B.

La lignée Bousselem, nouvellement sélectionnée par la ferme semencière de l'ITGC de Sétif se distingue par, une précocité à l'épiaison, une hauteur de plants plus réduite, un poids de mille grains élevé et un meilleur indice de récolte. Donc un potentiel de rendement important, comparativement aux variétés locales habituellement emblavées dans la région [143]. Ces caractéristiques sont de nature génétique, mais fortement influencés par les conditions environnementales, donc en partie par les traitements étudiés.

Globalement l'analyse des résultats fait ressortir que le traitement JC/blé présente les meilleures liaisons avec la biomasse aérienne, le rendement en grains, le poids de mille grains. D'autres traitements montrent des liaisons positives à savoir l'association fourragère (PT/B), qui favorise l'expression le rendement paille et

biologique. La rotation L/B marque favorablement la hauteur des plantes et l'indice de récolte. Cependant, les rotations à base de céréales (B/B ; O/B), ne présentent pas d'influence sur les variables liées à la culture. Ces résultats rejoignent ceux de BELLANGER et *al.*, [144], qui révèlent que les systèmes basés sur les rotations de cultures diversifiées sont bénéfiques pour la productivité des cultures et le maintien du sol. CHENITI ET DEKHILI [145], affirment que les rotations en semis direct induisent de grandes variations au sein des caractères mesurés, notamment le rendement et ces composantes et la hauteur des plants à maturité. Ces mêmes auteurs affirment que la lentille reste un meilleur précédent pour le blé dur.

En matière de corrélations, on relève que le rendement en grains est fortement lié au peuplement épis, la biomasse aérienne et à la fertilité du milieu. L'autre corrélation intéressante est celle liant le taux de chlorophylle avec le peuplement départ, la hauteur des plantes, la biomasse aérienne et le rendement en grains.

BAGGA et al [146], indiquent que le fait d'une taille élevée du chaume est souvent associé à un système racinaire profond et donc une meilleure aptitude à extraire l'eau et les éléments nutritifs du sol. Alors que, MOULAI [147], note que la hauteur des plants dépend de la variété et de la fumure azotée. Selon MONNEVEUX [148], les plants à tiges hautes résistent mieux à la sécheresse que les plants à tiges courtes grâce aux quantités d'assimilés au niveau des tiges principaux organes de réserve ; dans notre essai la hauteur moyenne des plants obtenue par le traitement L/B (77.26 cm) est supérieure à celle obtenue par les des céréales O/B (52.53 cm) et B/B (50.86 cm). GRIGNAC [149], affirme que le poids de 1000 grains diminue considérablement sous l'effet des fortes températures et d'un déficit hydrique au moment du remplissage du grain. Le poids de mille grains pour cette variété concorde avec celui proposé par TOUAHRIA [140] en zone semi-aride des hauts plateaux sétifiennes et en conditions de culture intensive. D'après cet auteur, le poids optimal de 1000 grains qui permet l'obtention des rendements les plus élevés doit être supérieure à 48g, il s'agit, dans notre essai, de : 52.13 g pour le traitement JC/B. Ce paramètre dépend aussi de la continuité de la nutrition azotée jusqu'à la maturation [151].

Selon MOSSEDDAQ et MOUGHLI [152], les quantités d'azotes apportés par l'introduction d'une espèce fixatrice d'azote dans une rotation affectent très fortement la production de biomasse de la culture qui suit. BOUZERZOUR [153], rapporte que

dans des milieux variables il faut assurer une production de biomasse aérienne suffisante pour garantir un rendement en grain acceptable.

L'élevage est une composante incontournable des activités de l'exploitation, notamment celles des zones arides et semi-arides où il constitue une importante source d'autofinancement [154]. Dans la présente étude peu de différences apparaissent entre les différents types de précédents pour ce caractère. Ces résultats suggèrent que les traitements qui produisent plus de paille produisent également plus de grains ( $r=0,854$ ).

## CONCLUSION

Les résultats de la présente étude qui a pour objectif d'étudier l'effet de différentes rotations sur les propriétés du sol et la productivité de la culture du blé dur (*triticum durum*, Desf), variété Bousselem, sous les conditions du semis direct. Celui-ci constitue une alternative louable à la fois pour la préservation du sol et l'amélioration de la production agricole en zone des hautes plaines céréalières.

Les résultats de l'analyse indiquent que la rotation blé/blé favorise l'accumulation de l'humidité en profondeur du sol au niveau des trois horizons, suivi de l'orge et en dernière position la rotation lentille/blé et JC/blé. Ce résultat semble être attribué à l'effet du couvert végétal assez fourni par les céréales comparativement aux autres précédents. En effet les résidus de récolte de blé, favorisent à a fois 'infiltration de l'eau et également liment l'évapotranspiration. Permettant ainsi une accumulation accrue de l'humidité dans des horizons du sol.

La vitesse d'infiltration de l'eau est en faveur du précédent, lentille qui permet une infiltration beaucoup plus importante que les rotations blé/blé et orge/blé. La rotation lentille/blé, suivi de JC/blé, montrent que l'eau s'infiltré dans les sols deux fois et demis plus vite que chez les deux autres traitements B/B et O/B.

Les précédents Jachère chimique, association fourragère et lentille montrent un avantage marqué pour les caractères rendement biologique, hauteur des plantes et la teneur relative en eau.

Des corrélations intéressantes liant le taux de chlorophylle avec le peuplement départ ( $r=0,581$ ), la hauteur des plantes ( $r=0,649$ ), le nombre d'épis/m<sup>2</sup> ( $r=651$ ), la biomasse aérienne ( $r=0,728$ ), le rendement paille ( $r= 0,727$ ) et le rendement en grains ( $r=0,785$ ). Ce résultat met en relief le rôle de l'azote dans la croissance des plantes et la définition du rendement en grains. Des liaisons sont également enregistrées entre le rendement en grains et la biomasse totale et les composantes du rendement.

Les résultats montrent l'avantage des précédents, lentille et la jachère chimique qui favorisent un meilleur contrôle de la flore adventice et mettent en relief la plus part des variables mesurées qui s'avèrent être fortement liées à ces traitements. Il est important de signaler que ces résultats, sont préliminaires et la situation évolue avec l'installation du système et sa maturité.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Griesbach, J.C., "The present state of soil resources in the Mediterranean countries. In. Cahiers Options Méditerranéennes, Vol. 1. Etat de l'agriculture en Méditerranée,(1993),pp. 9-22.
2. Karmouni, A. "Problèmes de l'érosion hydrique au Maroc : Importance des phénomènes et Causes". In : Séminaire National sur l'aménagement des bassins versants. 18-23 ,(Janvier 1988), PNUD/FAO. pp. 1-13.
3. Halitim, A., "Sols des régions arides d'Algérie". Office des publications universitaire, Alger(1988),384p.
4. Merzouk, A. 1985. "Relative erodability of nine selected Moroccan soils as related to their physical, chemical and mineralogical properties". PhD Thesis, University of Minnesota, Saint Paul, MN, USA. 124p.
5. Kassam, A.H., "Climate, soil and land resources in West Asia and North Africa". Plant Soil,(1981), 58:1-28.
6. Bourarach, H.E. et M. Oussible., "Management du sol en milieux arides et semi-arides. In: El-Gharous M et al". (eds.), Proceedings of the International Dryland Agriculture Conference(, May 1994), Rabat, Morocco. pp. 74-82.
7. El-Brahli. A., A. Bouzza et R. Mrabet. 1997. Stratégie de lutte contre les mauvaises herbes dans plusieurs rotations céréalières en conditions de labour et de non labour". Rapport d'activité 96-97. INRA Centre Aridoculture Settlat, Maroc.
8. El-Brahli, A. R. Mrabet., " La jachère Chimique: Pour relancer la céréaliculture non irriguée en milieu semi-aride Marocain". Actes de la Journée Nationale sur

le Désherbage des Céréales. Centre Aridoculture Settât 23 Novembre 2000.  
Association Marocaine de Malherbologie,( 2000), pp: 133-145.

9. Benites J. R., Ashburner J.E., "FAO's role in promoting conservation agriculture". In : 1st world congress on conservation agriculture, Madrid,( 2001), 1-5 october. T

10. Derpsch.R., "Conservation tillage, no-tillage and related technologies. In. Proceedings of I World Congress on Conservation Agriculture", Madrid 1-5, October. Garcia-Torres et al. (edts), (2001. Vol 1:161-170.

()

11. Jean-Yves Grosclaude, Jean-Christophe Deberre, Marc-Antoine Martin, Gérard Matheron, "Le Semis Direct Sur Couverture Végétale Permanente" (Scv) 2006.

12. Barriusso E, Calvet R, Cure B, 1991, "Simplification du travail du sol et pollution par les pesticides", Perspectives Agricoles, n°162, p 31-39

13. Viaux P., "Une 3<sup>ème</sup> voie en Grande Culture : Environnement, Qualité, Rentabilité", Editions Agridécisions,( 1999),211p

14. Chevrier A. et Barbier S., "Performances économiques et environnementales des techniques agricoles de conservation des sols. Création d'un référentiel et premiers résultats". Mémoire de fin d'études ,(2002) ,96P.

15. Labreuche, J., Bodet, J.M., "Matières organiques et activités biologiques sur les sols cultivés. Conséquences des techniques de travail du sol". Perspectives agricoles 272,( octobre 2001), 54-57.

16. Cluzeau D., Hallaire V., Bodet Jm., "Du labour au semis direct : enjeux Agronomiques, Conférence-débat INRA –ITCF, Salon International du Machinisme Agricole, ( février 2001), p 11-13, pp 22.

17. Salitot G, , “Le non labour dans l’Oise : Etude des pratiques actuelles, effets de la structure du sol et conséquences sur le développement du maïs”, mémoire d’ingénieur des techniques de l’agriculture, ITIA, pp 49+ annexes,(2001).
18. FAO. “Conservation agriculture : case studies in Latin America and Africa”. FAO Soils Bulletin 78, (2001),69p.
19. Séguy S., “le semis direct sur couverture végétale permanente (SCV). une solution alternative aux systèmes de cultures conventionnels dans les pays du sud”. Groupe Agence Française de développement,( 2006).
20. Guedez P.Y.,“Environmental aspects of conservation agriculture in Europe”, Rapport de stage en vue de l’obtention du diplôme d ‘études spécialisées en Sciences et Gestion de l’Environnement sous la direction de M.A. Reding (Monsanto) et A. Peeters (UCL), Université Catholique de Louvain, (2002), 97 pp.
21. Reicosky D.C., , “Conservation agriculture: global environmental benefits of soil carbon management, I world congress on conservation agriculture”.volume keynotes contributions, (2001),pp3-12.
22. Balesdent J., , “Un point sur l’évolution des réserves organiques des sols en France”, Etude et Gestion des Sols, 3, (1996),p 245-260.
23. Alix chevrier et Sylvain BARBIER,“Performances économiques et environnementales des techniques agricoles de conservation des sols Création d’un référentiel et premier résultat,(2002).
24. Colbach N., “Travail du sol : Incidence sur les maladies du pied et des racines du blé”, Perspectives Agricoles, n°218, Novembre, (1996),p 81-85.

25. Jouy L., "Techniques sans labour : Effets de la suppression du labour sur la coût du désherbage", Perspectives Agricoles, n°271, (septembre2001), p 80-82.
26. Jean-robert F., "Inventaire et synthèse de références françaises sur les effets du non-labour associé aux techniques simplifiées de semis", Mémoire de fin d'études ISAB, (1999),59 p +annexes.
27. Caneill J, bodet JM., "Simplification du travail du sol et rendement ds cultures. Conséquences sur les systèmes de cultures, Perspectives Agricoles, n°161, (septembre1991), p 54-62.
28. Tebrügge F., Böhrnsen., "Crop yields and economic aspects of no tillage compared to plough tillage : results of long term soil tillage field experiments in Germany ,(1997), p 25-45.
29. Soltner. D., "Guide d'agriculture intégrée Agronomie-Ecologie-Economie", partie 1 : Les TCS pourquoi ?, ( 1998).
30. Desforges. J, 1996, "Impact des systèmes de culture sur les communautés lombriciennes.
31. Labreuche J., Viloingt T., Caboulet D., Daouze J.P., Duval R., Ganteil A., Jouy L., Quere L., Boizard H. et Roger-Estrade J. "Evaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturelles Sans labour (TCSL) en France". Partie I: La pratique des TCSL en France. ADEME,( 2007).
32. CDSR.AN. 2001. "Le semis direct ; potential et limites pour une agriculture durable en Afrique du nord. Commission économique pour l'Afrique". Nations unis, (décembre 2001).
33. Pérusse., "les semis directs : un système de culture protecteur de l'environnement", (2007).

34. Raunet M, L. Seguy, C. Fovet Rabots., "Semis direct sur couverture végétale permanente du sol : de la technique au concept,(1999).
35. Bourarach, H.E., "Mécanisation du travail du sol en céréaliculture pluviale : performances techniques et aspects économiques dans une région semi-aride au Maroc". Thèse es-Sciences Agronomiques, IAV Hassan II, Rabat,( 1989).
36. Dycker, J. and E.H. Bourarach., "Energy requirements and performances of different soil tillage systems in the Gharb and Zaër regions". In: Bourarach, E.H., Oussible, M., Bouaziz, A., El Himdy, B. (Eds.). Proceedings of international seminar on tillage in arid and semiarid areas,( April 1992 ),Rabat, Morocco. pp. 373-390.
37. Borges *et al*, 2000, *in* Seguy., "le semis direct sur couverture végétale permanente (SCV) ", (2006).
38. Mrabet R., "Le Semis Direct: Une technologie avancée pour une Agriculture durable au Maroc".Bulletin de Transfert de Technologie en Agriculture MADREF-DERD,(2001b), N° 76, 4p. <http://agriculture.ovh.org>.
39. Lyons, D.J., Boa, F. et Arkebauer, T.J., " Water-yield relations of several spring planted dryland crops following winter wheat", J. Production Agric, n°8, (1995), 281–286.
40. Biederbeck, V.O., Campbell, C.A., Rasiah, V., Zentner, R.P. et Wen, G., "Soil quality attributes as influenced by annual legumes used as green manure", Soil Biol, Biochem, n°30, (1998) ,1177–1185 .
41. Eser, D., Adak, M.S., Akbay, G., Biesantz, A., Atalay, A. et Limberg, P., " Investigation of wheat yield, root growth in previous crops and wheat in two-year rotation system under Ankara conditions Turkish", J. Agric and Forestry, n°21, (1997),445–450.

42. Avci, M., Meyveci, K., Eyüboğlu, H., Avcin, A. et Karaca, M., "Effects of long term rotations on crop yields and soil properties», Ed, Ekiz, H., Symposium on the Problems and Solutions of Cereal Production in Central Anatolia", Gürcan Ofset Basımevi, (1999.), 178–188.
43. Pierce, F.J. et Rice, C.W., "Crop rotation and its impact on efficiency of water and nitrogen use», Ed, Hargrove, W.L., et *al*, Cropping Strategies for Efficient Use of Water and Nitrogen". SSSA ASA, and SSSA, Madison, WI, USA, (1988), 21–42.
44. Dulcire, "la céréaliculture en Algérie, de la biologie.....à la jachère, tome 4, (mars 1978.)
45. Sebillotte et *al.*, "Eléments d'agronomie, tome 1 et 2 (INA Paris) : Etude des céréales en sec au Maroc, jachère, système de culture, système de production, méthodologie d'étude", (1976).
46. Mahnane., "Rencontre des Groupes témoins du RCM Zahlé, Plaine de la Bekaa, Liban du 18 au 24 mai 2009". techniques culturales simplifiées (tcs) & « semis direct (sd) » en conditions semi-arides des hauts plateaux sétifiens (zone nord).
47. Archambaud, 2009, L'agriculture de conservation démarre fort en Algérie.
48. Bouzerzour., "Laboratoire de valorisation des ressources biologiques naturelles, Université Ferhat Abbas Sétif, Les pratiques culturales conservatrices dans les zones sèches : effet sur le rendement de la céréale et la productivité de l'eau", (2009).
49. M.A., "Le secteur agricole et les perspectives de sa promotion et de son développement", Rapport général, (1992), 207 pages.

50. Laumont P, Erroux J., "Inventaire des blés durs rencontrés et cultivés en Algérie". *Mémoires de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord* , (1961), 94 p.
51. Witcombe JR. , "Collection and initial processing of food legume germplasm. In genetic resources and their exploitation". Ed Martinus Nijhoff, (1984) ,24-32.
52. Annicchiarico P., Perenzin M., " Adaptation patterns and definition of macro-environments for selection and recommendation of common-wheat genotypes in Italy". *Plant Breeding* ,(1994), 113/ 197-203
53. Cubero JI. , "Utilisation of wild relatives and primitive forms of food legumes. In genetic resources and their exploitation". Ed Martinus Nijhoff,(1984), 73-84.
54. Monneveux P. JL.Araus, T. Ali Dib, M. Benlaribi., "Epidermal and stomatal conductance in seedling of durum wheat landraces and varieties". *Euphytica* 56 ,(1989),116-120.
55. Benlaghid M., N. Bouattoura, P. Monneveux,C. Borries., "Les blés des Oasis: étude de la diversité génétique et de la physiologie de l'adaptation au milieu". *Options Méditerranéennes*, (1990),11:171-195.
56. Pecetti, L., P. Annicchiarico, AB. Damania., "Biodiversity in a germoplasm collection of durum wheat". *Euphytica*, (1992)60,, 229-238.
57. Ali Dib, T., P. Monneveux, JL. Araus., "Adaptation a la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur". *Caractères physiologiques d'adaptation Agronomie*, (1992),12, 381-393.
58. Abbassenne F., "Etude génétique de la durée des phases de développement et de leur influence sur le rendement et ses composantes chez le blé dur (*T.durum* Desf.) ". Thèse de Magister, ENSA, El Harrach, (1997), 62P.

59. Amokrane A., H. Bouzerzour, A. Benmahammed, A. Djekoun., "Caractérisation des variétés locales, syriennes et européennes de blé dur évaluées en zone semi-aride d'altitude". Sciences et Technologie, Université Mentouri, Constantine, numéro spécial D, (2002), 33-38.
60. Benseddik, B., K. Benabdelli ., "Impact du risque climatique sur le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride". Approche écophysiological. Sécheresse, 11, 45-51. Blum A. (1988). Plant breeding for stress environments. Boca Raton 4: CRC Press Florida, USA, 223 pp.
61. Boeuf F., "Le blé en Tunisie. Annales du service botanique et agronomique de Tunisie", T.VIII, (1932) ,456 pages.
62. Bouzerzour H., A. Benmahammed., "Environmental factors limiting barley grain yield in the high plateaux of eastern Algeria". Rachis, (1994) ,12 : 11-14.
63. Institut Technique des Grandes Culture. "Les superficies, productions et rendements des céréales en Algérie de 1876 à 1999". Document interne, (1999) ,25 pages.
64. Acevedo E., "Icarda Annual report ", (1991), 240 pages.
65. Bouzerzour H., P. Monneveux. ; "Analyses des facteurs de stabilité du rendement de l'orge dans les conditions des hauts plateaux algériens. In Séminaire sur la tolérance à la sécheresse". Inra F, les Colloques 64, (1992), 205 - 215.
66. Mouret JC, Conesa A, Gaid A, Monneveux P., "Identification des facteurs de variabilité du rendement de blé dur en conditions hydriques limitantes dans la région de Sidi Bel Abbes". *Céréaliculture*, (1988), 23, 1-9.

67. Ceccarelli S., E. Acevedo, S. Grando., “Breeding for yield stability in unpredictable environments: single traits, interaction between traits, and architecture of genotypes”. *Euphytica* 56 ,(1992), 169 - 185.
68. Reynolds MP., M. Balota, MIB. Delgado, I. Amani, RA. Fischer., “Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions”. *Aust. J. Plant. Physiology* 21, (1994) , 717- 730.
69. Wardlaw J.F., L. Moncor (1995). The response of wheat to high temperature following anthesis”. I : the rate and duration of grain filling. *Aust J. Plant. Physiol.* 22 : 391-397.
70. Srivastava J.P., Damania A.B., Pecetti L., Landraces., “primitive forms and wild progenitors of macaroni Wheat (*Triticum durum* Desf. ) their use in dryland agriculture”. In : T.E. Miller and R.M.D. Koebner Eds 7th IWGS, Cambridge, UK., vol 1,(1988),153-158.
71. Dakheel, A.J., I. Nadji, V. Mahalazkshmi, J. M. Peacock., “Morphophysiological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh Mediterranean environments”. *Aspects of Applied Biology* 34,(1993), 297-307.
72. Houmani M., “*Situation alimentaire du bétail en Algérie*. INRA, 4, 35-45 ITGC (1992). Rapport sur la situation des missions de collectes des ressources phyto-génétiques”, Document interne, (1999),7 pages.
73. Lapeyroni, A., “Les productions fourragères méditerranéennes. Tome-I- Généralités, caractères botaniques et biologiques. Techniques agricoles et productions méditerranéennes”. G.P.Maisonneuve et Larose, Paris, France(1982).
74. Nedjraoui D., “Country Pasture/Forage Resource Profiles”, Algeria Report FAO, 2000, 15p. Oram, R.N. (1991).Register of Australian Herbage Plant Cultivars. 3

rd Edition. Australian Herbage Plant Registration Authority. Division of Plant Industry. CSIRO Publications, Melbourne, Australia, (2000).

- 75.A. et Nedjraoui D., "The steppes of alfa ( *Stipa tenacissima* L) and their utilization by sheep". In *Plant animal interactions in Mediterranean-type ecosystems* .MEDECOS VI, Greece, (1992), 62-67.
- 76.Croston RP., JT. Williams., "A world survey of wheat genetic resources. IBRGR, (1981) ,Bulletin/80/59, 37 pages.
- 77.Ducellier L., "Espèces et variétés de céréales cultivées en Algérie. Direction de l'agriculture et de la colonisation, (1930),130 pages.
- 78.Bouzerzour H., F. Bahlouli, A. Benmahammed, A. Djekoun., "Cinétique d'accumulation et de répartition de la biomasse chez des génotypes contrastés d'orge (*Hordeum vulgare* L.)". *Sciences et Technologie*, (2000),13, 59-64.
79. Richards C, Haro RJ, Johnson LB, Host GE., "Catchment- and reach-scale properties as indicators of macroinvertebrate species traits". *Freshw. Biol* 37,(1997),219–30
- 80.Clarke JM., RM. Depauw, TF.Townley Smith., "Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat". *Crop Sci.* 32,(1992), 723-728.
- 81.Kameli A., Losel D.M., "Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress". *Journal of Plant Physiology* 145, (1995), 363- 366.
- 82.Lawlor, D.W., "Physiological and biochemical criteria for evaluating genotypic responses to heat and related stresses". In: Saunders, D. A. and G. P. Hettel EDS, *Wheat in heat stressed environments, irrigated, dry areas and rice-wheat farming systems*, Mexico, D.F., Cimmyt, (1994) ,127-142.

83. Monneveux P., Nemmar M., "Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement". *Agronomie*, 6, (1986), 583-590.
84. Kameli A., Losel D.M., "Growth and sugar accumulation in durum wheat plants under water stress". *New phytol.* 132, (1996), 57-62.
85. Benmahammed A, Bouzerzour H, Benbelkacem A., "Synthèse des activités de sélection du blé dur des stations de Sétif, Khroub, Tiaret et Sidi Bel Abbes". *Document interne ITGC*, (1998), 35 p.
86. Singh, R.K. and Chaudhary, B.D., "Biometrical methods in quantitative genetic analysis, Kalyani pib"., New Delhi, (1985), 318 p.
87. Witcombe JR. (1984) "Collection and initial processing of food legume germplasm. In genetic resources and their exploitation". Ed Martinus Nijhoff, 24-32.
88. Cubero JI. (1984). "Utilisation of wild relatives and primitive forms of food legumes. In genetic resources and their exploitation". Ed Martinus Nijhoff, 73-84.
89. Bouzerzour H., Abbas K., Benmahammed A., 2003. Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture. Cas des céréales, des légumes secs, et des plantes fourragères et pastorales'. Projet ALG/97/G31 PNUD, Alger, Hôtel Hilton, 22-23/01/2003, 42 P.
90. Oram, R.N. (1991). "Register of Australian Herbage Plant Cultivars. 3rd Edition. Australian Herbage Plant Registration Authority". Division of Plant Industry. CSIRO Publications, Melbourne, Australia.

91. Lapeyroni, A. (1982). "Les productions fourragères méditerranéennes. Tome-I- Généralités, caractères botaniques et biologiques. Techniques agricoles et productions méditerranéennes". G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, France.
92. Le Houerou H. N. (1995). "Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique". CIHEAM/ACCT, Options méditerranéennes, série B, n°10, 396 p.
93. Aidoud A. et Nedjraoui D. (1992). "The steppes of alfa ( *Stipa tenacissima* L) and their utilization by sheep". In *Plant animal interactions in Mediterranean-type ecosystems* .MEDECOS VI, Greece. 62-67.
94. Kelkouli M., "Etude de l'effet de différentes techniques culturales utilisées en grandes cultures sur la rétention de l'eau dans les conditions du semi-aride, région du Haut Cheliff, cas du blé". Thèse de Magister, INA ; El-Harrach (Alger) ,( 2008), 146P.
95. Bruce R.C. et Rayment G.E. 1982. "Analytical methods and interpretations used by the Agricultural Chemistry Branch for Soil and Land Use Surveys. Queensland Department of Primary Industries. Bulletin QB8 (2004), Indooroopilly, Queensland.
96. Holford I.C.R. et Cullis B.R. 1985. "Effects of phosphate buffer capacity on yield response curvature and fertiliser requirements of wheat in relation to soil phosphate tests". *Australian Journal of Soil Research* 23, 417–427.
97. Hesse, P.R. (Ed.), "A Text book of Soil Chemical Analysis". John Murray, London, (1971), pp. 255±300.
98. Duchaufour, PH. " Abrégé de pédologie. sol, végétation, environnement ", Masson, Paris, (1997) ,291p.

99. Colombani J., Lamagat J.P. et Thiebaut. J.. “Un nouvel appareil pour la méthode Mûntz une extension de la méthode Porchet aux sols hétérogènes”,(1973).
100. Decagon D., “Inc, *Mini Disk Infiltrimeter*”. User’s Manual,(2005), (<http://www.decagon.com/literature/manuals/InfiltrimeterManual.pdf>. Consulté en 2008).
101. Blake GR et Hartge KH., “Methods of Soil Analysis”,Ed, Arnold Klute, American Society of Agronomy–Soil Science Society of America, Publisher, Madison, WI, (1985),363-382.
102. Harrad F., “ Contribution à l’établissement d’un itinéraire technique pour la mise en place du blé dans les zones sahariennes (Adrar), effet de la succession des outils aratoires sur le développement de la plante ”,Thèse Magister. I.N.A. El Harrach, (2003), 98p.
103. Stocker, O. (1929) ., “Das Wasserdefizit von Gefäßpflanzen in verschiedenen Klimazonen”. *Planta* 7, 382–387.
104. Matin M.A., Brown J.H. et Ferguson H., “Leaf water potential, relative water content and diffusivity resistance as screening techniques for drought resistance in barley”, *Agron*, J.n°81,(1989), 100-105.
105. Barralis G., Salin D., “Relations entre flore potentielle et flore réelle dans quelques types de sols de Côte-d’Or. C.R. IVe Col. International sur l’Ecologie et la Biologie des mauvaises herbes”, p. 94-101, 18-20 ,(septembre 1973), Marseille.
106. Roberts H. A., Dawkins P. A., “Effect of cultivation on the number of viable weed seeds in soil”. *Weed Res* ,(1967), 290-301.

107. Delabays N., Mermillod G. et Emmenegger J., "Influence de différentes méthodes de désherbage sur l'évolution du stock semencier d'un sol cultivé". <http://www.grangeneuve.ch>,(2000.)
108. Mayor J.-P., Mermillod G. et Emmenegger J., "Effet des méthodes de désherbage sur le stock Options Méditerranéennes", A no. 96, 2010 162 semencier du sol et sur la flore adventice". Dans : Proc. 5th EWRS Mediterranean Symposium, Perugia, (1994),pp. 35-42
109. Institut Technique des Grandes Cultures., "les mauvaises herbes des céréales d'hiver en Algérie", l'Institut Technique de Développement des grandes cultures (1976).
110. Abbas tanji ., " Wheat and barley weed in morocco " .
111. Baldy, C., " Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques : leur influence sur la production des principales zones céréalières d'Algérie ", MARA, projet céréales, Alger, (1974),152 p.
112. Chennafi H., "Decadal evaluation of durum wheat water requirements to improve rainfed agriculture under semi-arid conditions". Science direct. Elsevier. Energy Procedia(18),( 2012b), 696-904.
113. Gregory P.J., Simmonds L.P., Pilbeam C.J., "Soil type, climatic regime, and the response of water use efficiency to crop management". *Agron. Journal* (92),( 2000),814–820.
114. Blum A., "Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? " *Australian Journal of Agricultural Research* (56),(2005), 1159–1168.

115. Chennafi, H., Aïdaoui, A., Bouzerzour, H. & Saci, A., "Yield reponse of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semiarid growth conditions. *Asian J. Plant Sci.*, (5),( 2006), 854-860.
116. Bourguignon, C., "Comparaison analytiques des sols tunisiens cultivés en labour et en semis direct". Actes des deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct, (2004), p90-98.
117. Nouri, I., Mhedbi K., Ben Hamouda M., Kammassi M., Neit El arbi S., Ali Hannachi M., Guesmi L., Mannai C., Hajji S., "Etude comparative de l'humidité des horizons du sol entre le semis direct et le semis conventionnel", (2004).
118. "Actes des deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct, p109-117 Mrabet, R., (1997).
119. Mekhlouf A., Bouzerzour H., Dehbi F., Hamad A., Adjabi A., (2002). "Etude de la résistance aux basses températures et ses liaisons avec les caractéristiques phénomorphologiques du blé dur (*Triticum durum* Desf) après des tests pour la sélection des variétés tolérantes". In proceeding Ilème journées scientifiques sur le blé dur. Université de Constantine 61-84.
120. Hannachi, A. et Fellahi, Z., "Effets des résidus et du travail du sol sur le comportement du blé dur (*Triticum durum*, Desf) en zone semi-aride ".Mémoire d'ingéniera, UFAS, (2010),58p.
121. Lambert J.C., Delhay J.P. & Toussaint B., 1979a : "La fertilisation phosphorique et La conduite rationnelle des herbages en région tempérée". Phosphore et agriculture N°76, Septembre, pp : 7-16.
122. Gervy R., 1970 : "Les phosphates et l'agriculture". Edition DUNOD, Paris. 298p.
123. Barber S.A. 1995. "Soil Nutrient bioavailability". A mechanistic approach. John Wiley and sons, 414p

124. Edwards J.H., Wood C.W., Thurlow D.L. et Ruf M.E. 1992. "Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludult soil". *Soil Science Society of America Journal*, 56, 1577-1582.
125. Rhyan et *al.*, 2008. "L'Influence du pH sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes". Université de Liège, Printemps des Sciences ,(2008).
126. Djaïdjaa .Z., " influence des systèmes de cultures et des rotations sur le sol et le végétal en zone semi-aride", thèse de magister , université saad dahleb – Blida,(2012).
127. Auriou P., " Sélection pour le rendement en fonction du climat chez le blé ", *Annale de l'INA*, Alger, V. 8 , n° 2, (1978), 5-11.
128. AFFP et CEB .,"Répertoire terminologique en protection des plantes.Disponible sur <http://www.afpp.net/apps/accesbase/bindocload.asp?d=6016&t=0&identobj=qpg796N &uid=57305290 &sid> ,(2011).
129. Cure, B., "Simplification du travail du sol et évolution du parasitisme". *Perspectives Agricoles*, 161(1991), 47-53.
130. Hamadache.A et Abdellaoui. Z. 1999. "Effet du précédent cultural en relation avec la fertilisation azotée et le désherbage chimique sur la productivité du blé dur pluvial". Actes du premier symposium international sur la filière blé. OAIC, Alger du 7 au 9 février, pp : 105-117.

131. Abdellaoui Z., fettih S., zaghouane O., 2006 : "Etude comparative de l'effet du semis direct et labour conventionnel sur le comportement d'une culture de blé dur". Troisième rencontre méditerranéennes de semis direct, Zaragoza, ED. Opt : méditerranéennes, série A, n° :69, pp : 115.
132. Navarro, E. (2003). "El futuro de la agricultura de conservación: producir conservando". Vida Rural, 173, septembre 2003.
133. Aibar J., 2006. "La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct : Principaux problèmes". Options Méditerranéennes, Série A, Numéro 69. pp19-26.
134. Sadaghi, H., et Bahrani, MJ., "Effects of crop residue and nitrogen rates on yield and yield components of two dryland wheat (*Triticum aestivum* L.)cultivars", Plant Prod, Sci, n°12, (2009),497-502.
135. Chennafi, H., Hannachi, A., Touahria, O., Fellahi, ZEA., Makhlouf, M. et Bouzerzour, H., " Tillage and residue management effect on durum wheat [*Triticum turgidum* (L.) Thell.ssp. *turgidum* conv. *durum* (Desf.) MacKey] growth and yield under semi- arid climate", Advances in Environmental Biology, n°5,(2011),3231-3240.
136. Dinon E. et Gerstmans A. "du département de chimie, avec la collaboration des étudiants de l'AESS en biologie". Soins P. et Vaysse P., 1999 : Fertilisation des vergers. Environnement et qualité. Ed. CTIFL, pp : 47-52. Dutil (1973).
137. Dutil P ; 1973- "La fertilisation phosphatée des sols calcaires", An Agro, INA, Vol, Vin2°, PP = 78- 80.
138. Batouches S. et Labiod H., 1991. "Les sols des Hautes Plaines Sétifiennes, Inventaire, analyse et synthèse des études pédologiques réalisées

dans cette région de 1965 à 1985 : essais de thématization”. Mém. Ing. Univ. Sétif, 133 p. + cartes et an.)

139. Ben Hammouda M., Guesmi L., Nasr K. et Khammassi M., 2004. “Evolution de la matière organique en semis direct”. Dans : Actes des deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct, Tunisie, pp. 104-107.
140. Angar, H., Ben Haj, S. et Benhammouda, M., “ Semis direct et semis conventionnel en Tunisie : les résultats agronomiques de 10 ans de comparaison”, Options Méditerranéennes , n°96, (201 1), 53-59.
141. Findeling A., S. Ruy, E. Scopel. 2003. “Modeling the effects of a partial residue mulch on runoff using a physically based approach”. Journal of Hydrology, 275, 49-66.
142. Bellemou, A., “Etude des résultats d’essais de différentes techniques de semis du blé dur (CHEN’S) ”. Thèse Magister. I.N.A. El Harrach, (2012),152p.
143. Paolo Annicchiarico a, Fadila Bellah , Tiberio Chiari ., “Repeatable genotype × location interaction and its exploitation by conventional and GIS-based cultivar recommendation for durum wheat in Algeria”,( 2006).
144. Bellanger J. et al., “Les ruisseaux, de la source à la rivière. Cahier Technique collection CREN Rhône-Alpes,( 2007), 20 p.
145. Cheniti et Dekhili ., “Effect Of Previous crops (Legumes, Fallow, Wheat) On Yield Components Of Durum Wheat (Triticum Durum. Desf) Variety Waha under Direct Seeding In Semi-Arid Region of Setif” .2012.
146. Bagga A-K., Rowali N-K. et Asana R-D., “ Comparaison of reponse of some Indian and semi dwarf mexican wheat to unirrigate cultivation”,Agrsci. n° 40, (1970), 421-427.

147. Moulai L., “ Caractérisation de l'érosivité du bassin versant des hauts plateaux constantinois ”, Thèse magister. I.N.A. EL Harrach,( 2000 ), 57p.
148. Monneveux P., “ Quelle stratégie pour l'amélioration de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver”. Journée scientifique de l'AUELF : amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu aride », Tunis,(9 décembre 1989).
149. Grignac P., “ Rendement et composantes de rendement du blé d'hivers dans l'environnement méditerranéen français. Communication au conseil scientifique ”, Italie,11ème édition, n° 117 8, (1981),185-195.
150. Touahria, O., “ Effets des résidus et du non-labour sur le comportement de la céréale sous conditions semi-arides des hautes plaines orientales ”, Thèse de Magister., UFA Sétif , (2011), 53 p.
151. Soltner D., “ Les grandes productions végétales, Phytotechnie spéciale ”,19ème édition, Collection Sciences et techniques agricoles, Paris-France, (2001),464p.
152. Mosseddaq F. et Moughli L., “ Fertilisation azotée des céréales, cas des blés en irrigué ”, Transfer de technologies en Agriculture,n° 62,(1999),4 p.
153. Bouzerzour, H., “ Sélection pour le rendement, la précocité, la biomasse et l'indice de récolte chez l'orge (*H.vulgare*. L) en zone semi- aride ”, Thèse de doctorat ISN. Univ Constantine, (1998), 137p.
154. Abbas K., et Zitouni S., “ compte rendu d'atelier n°3 : conduite de l'élevage en AC : conflit ou complémentarité ? Options Méditerranéennes, IV Rencontres Méditerranéennes du Semis”, n°96, (201 0).

## APPENDICE A

### LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

- AC : Agriculture de Conservation
- ACP : Analyse en Composantes Principales
- AF/B : Blé après une Association fourragère
- B/B : Blé après Blé
- C : carbone
- Ca : calcium
- CDSR-AN : Centre de développement sous régional pour l'Afrique du Nord.
- CIPAN : Culture Intermédiaire Piège A Nitrates
- cm : centimètre
- cm<sup>2</sup> : centimètre carré
- cm<sup>3</sup> : centimètre cube
- ECAF : Fédération Européenne d'Agriculture de Conservation.
- FAO : Food and Agricultural Organization (Organisation de l'Alimentation et de l'Agriculture)
- g : gramme
- GES : gaz à effet de serre.
- ha : hectare
- Hi : Indice de récolte
- ICARDA : international center of agricultural research in the dry area
- ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures
- JAS : Jours Après Semis
- JC/B : Blé après une jachère chimique
- K : potassium
- kg : kilogramme
- L/B : Blé après Lentille
- LSD : least significant difference
- m : mètre
- m<sup>2</sup> : mètre carré
- Mg : magnésium
- ml : mètre linéaire

- mm : millimètre
- MO : Matière Organique
- N : azote
- Na : sodium
- NE : Nombre d'Epis
- NGE : Nombre de Grains par Epi
- nm : nanomètre
- NTG : Nombre Total de Grain
- O/B : Blé sur Orge
- ONM : Office National de Météorologie
- P : phosphore
- pH : Cologarithme décimal de la concentration en ions H<sup>+</sup>
- PMG : Poids de Mille Grain
- PF : Pois frais de la feuille
- PS : Poids sec de la feuille
- PT : Poids turgide de la feuille
- ppm : Partie par million
- Q : quintal
- Qx : quintaux
- RDT<sub>bio</sub> : Rendement biologique
- RDT<sub>g</sub>: Rendement en grains
- RDT<sub>paille</sub> : Rendement en paille
- Rp : Résistance Pénétrométrique
- SAS : Statistics Analyses System
- SD : Semis Direct
- T (°C) : température : degré Celsius
- T<sub>max</sub> : Température maximale
- T<sub>min</sub> : Température minimale
- T<sub>moy</sub> : Température moyenne
- TSP : Tri Super Phosphate
- TRE : Teneur Relative en Eau
- V : Volume.

## APPENDICE B

Tableau.1 : analyse physico-chimique du sol (FERTIAL ; 2013)

épétitions	précédents	profondeurs	meq/100g	Na meq/100g	Mg meq/100g	Ca meq/100g	P ppm*	N %*	pH *	Carb total	M.O %	cond	ms/m*	Sable%	Argile%	limon%
R1	AF	H1	0.63	0.30	2.15	37.02	37.80	0.21	7.81	51.52	2.84	28.10	26.10	40.00	24.00	36.00
R1	AF	H2	0.56	0.30	2.37	37.49	33.00	-	7.79	56.71	2.76	26.30	26.30	28.00	24.00	48.00
R1	AF	H3	0.59	0.31	2.27	36.84	35.00	0.19	7.87	56.09	2.58	26.60	26.60	36.00	20.00	44.00
R1	B	H1	0.56	0.17	1.86	39.77	32.20	0.17	7.81	39.84	2.33	20.30	20.30	36.00	24.00	40.00
R1	B	H2	0.47	0.34	1.78	40.23	27.20	0.13	7.84	36.01	2.50	18.38	18.38	20.00	36.00	44.00
R1	B	H3	0.46	0.35	1.75	39.61	14.40	0.10	7.90	40.14	2.29	19.02	19.02	24.00	44.00	32.00
R1	JC	H1	0.45	0.32	1.90	37.85	27.00	0.17	7.86	42.83	2.41	23.20	23.20	28.00	28.00	44.00
R1	JC	H2	0.46	0.28	1.61	36.94	18.40	0.1800	7.92	45.39	2.63	20.04	20.04	28.00	32.00	40.00
R1	JC	H3	0.45	0.29	1.43	36.00	24.80	0.1770	7.85	52.81	2.62	23.00	23.00	28.00	32.00	40.00
R1	L	H1	0.58	0.20	2.24	39.05	51.40	0.18	7.80	44.32	2.43	21.90	21.90	32.00	28.00	40.00
R1	L	H2	0.47	0.22	2.06	37.80	22.60	0.1860	8.10	41.79	2.59	24.80	24.80	20.00	40.00	40.00
R1	L	H3	0.51	0.47	2.22	39.28	24.20	0.18	7.94	39.38	2.27	18.82	18.82	24.00	40.00	36.00
R1	O	H1	0.47	0.28	2.10	39.04	23.00	0.19	7.92	39.13	2.10	19.78	19.78	24.00	28.00	48.00
R1	O	H2	0.48	0.17	1.94	38.06	23.40	0.16	7.90	39.14	2.14	19.12	19.12	24.00	32.00	44.00
R1	O	H3	0.45	0.44	2.07	39.00	20.20	0.13	7.95	42.15	2.13	19.51	19.51	20.00	44.00	36.00
R2	AF	H1	0.55	0.71	2.20	37.04	34.00	0.17	7.84	53.22	2.38	29.70	29.70	44.00	24.00	32.00
R2	AF	H2	0.58	0.32	2.13	36.40	26.80	0.31	7.90	54.22	2.36	21.60	21.60	36.00	28.00	36.00
R2	AF	H3	0.44	0.25	1.65	34.86	19.40	0.1730	7.86	63.56	2.42	22.40	22.40	36.00	28.00	36.00
R2	B	H1	0.73	0.26	1.91	39.65	22.40	0.16	7.85	29.70	2.25	24.40	24.40	36.00	24.00	40.00
R2	B	H2	0.30	0.25	0.97	34.71	19.60	0.17	7.92	32.31	2.35	20.50	20.50	32.00	24.00	44.00
R2	B	H3	0.67	0.24	2.23	40.05	18.00	0.17	7.94	31.50	2.19	20.70	20.70	36.00	24.00	40.00
R2	JC	H1	0.45	0.39	1.82	37.20	27.40	0.13	7.88	44.95	2.20	20.60	20.60	28.00	32.00	40.00
R2	JC	H2	0.44	0.77	2.26	36.98	28.00	0.17	7.82	52.95	2.22	21.30	21.30	32.00	28.00	40.00
R2	JC	H3	0.39	0.28	1.76	37.26	17.80	0.1800	8.00	43.83	2.54	19.44	19.44	28.00	32.00	40.00
R2	L	H1	0.54	0.27	1.98	36.86	27.60	0.18	7.87	51.26	2.30	21.80	21.80	28.00	32.00	40.00
R2	L	H2	0.51	0.23	1.65	36.73	19.80	0.1830	7.84	47.37	2.53	19.30	19.30	32.00	28.00	40.00
R2	L	H3	0.45	0.21	1.97	38.31	22.20	0.01	7.86	47.48	2.23	19.50	19.50	28.00	36.00	36.00
R2	O	H1	0.51	0.18	2.33	39.49	20.60	0.18	7.89	36.90	2.29	19.06	19.06	28.00	28.00	44.00
R2	O	H2	0.53	0.68	2.43	39.40	22.80	0.17	7.86	38.54	2.26	19.20	19.20	36.00	20.00	44.00
R2	O	H3	0.50	0.31	2.46	45.77	11.20	0.1710	7.90	40.92	2.43	18.40	18.40	24.00	32.00	44.00
R3	AF	H1	0.51	0.44	2.10	38.11	29.40	0.18	7.88	50.83	2.32	21.30	21.30	36.00	24.00	40.00
R3	AF	H2	0.46	0.43	2.31	38.21	25.00	0.17	7.90	46.55	2.23	20.10	20.10	36.00	28.00	36.00
R3	AF	H3	0.46	0.28	1.86	37.10	19.20	0.1810	7.90	44.29	2.61	18.39	18.39	36.00	28.00	36.00
R3	B	H1	0.49	0.28	1.98	39.27	29.00	0.16	7.87	43.76	2.13	18.98	18.98	28.00	28.00	44.00
R3	B	H2	0.52	0.72	2.16	40.00	28.80	0.17	7.81	33.77	2.18	22.00	22.00	32.00	20.00	48.00
R3	B	H3	0.49	0.20	2.18	40.48	26.20	0.18	7.76	33.95	2.40	18.08	18.08	24.00	32.00	44.00
R3	JC	H1	0.49	0.30	2.12	37.05	28.80	0.19	7.78	50.22	2.03	24.00	24.00	28.00	32.00	40.00
R3	JC	H2	0.52	0.80	2.13	36.78	28.40	0.15	7.79	49.04	2.08	23.80	23.80	32.00	24.00	44.00
R3	JC	H3	0.39	0.40	1.83	36.56	23.40	0.11	7.92	53.45	1.91	21.20	21.20	28.00	36.00	36.00
R3	L	H1	0.63	0.29	2.18	35.76	37.60	0.18	7.88	48.36	2.49	23.30	23.30	40.00	20.00	40.00
R3	L	H2	0.57	0.26	2.10	37.33	23.60	0.1890	7.88	42.48	2.58	19.65	19.65	32.00	28.00	40.00
R3	L	H3	0.58	0.24	2.28	37.82	30.60	-	7.91	46.96	2.46	19.92	19.92	36.00	24.00	40.00
R3	O	H1	0.49	0.31	2.22	38.80	27.00	-	7.82	36.61	2.35	21.40	21.40	24.00	28.00	48.00
R3	O	H2	0.52	0.27	2.33	38.54	22.00	0.18	7.96	38.58	2.23	20.20	20.20	24.00	32.00	44.00
R3	O	H3	0.54	1.00	2.31	39.06	20.60	0.17	7.76	37.51	2.38	29.50	29.50	28.00	32.00	40.00

## APPENDICE C

### TEST DE NORMALITE DES PARAMETRES MESURES

Tableau 1 : Test de Shapiro-Wilk pour l'humidité du sol :

	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>D4</b>	<b>D5</b>
<b>W (valeur observée)</b>	0,979	0,983	0,961	0,937	0,976
<b>p-value unilatérale</b>	0,595	0,725	0,138	0,016	0,483
<b>Alpha</b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	<b>D6</b>	<b>D7</b>	<b>D8</b>	<b>D9</b>	<b>D10</b>
<b>W (valeur observée)</b>	0,939	0,973	0,967	0,901	0,868
<b>p-value unilatérale</b>	0,021	0,385	0,225	0,001	0,000
<b>Alpha</b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Tableau 2 : Test de Shapiro-Wilk pour les caractères liés à la culture du blé dur (variété Bousselam):

	<b>NP/M<sup>2</sup></b>	<b>NTepi/P</b>	<b>PMG</b>	<b>NG/EPIS</b>	<b>NE/M<sup>2</sup></b>	<b>HT(Cm)</b>	<b>RDT<sub>g</sub></b>	<b>RDT<sub>bio</sub></b>
<b>W (valeur observée)</b>	0,925	0,978	0,933	0,976	0,902	0,881	0,961	0,907
<b>p-value unilatérale</b>	0,227	0,953	0,298	0,930	0,101	0,049	0,708	0,121
<b>Alpha</b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	<b>RDT paille</b>	<b>Hi</b>	<b>TRE</b>	<b>SPASD</b>	<b>T° EPIAISON</b>	<b>K(Cm/h)</b>	<b>Da</b>	
<b>W (valeur observée)</b>	0,949	0,942	0,949	0,950	0,972	0,910	0,945	
<b>p-value unilatérale</b>	0,510	0,415	0,514	0,526	0,883	0,135	0,445	
<b>Alpha</b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	

Tableau 3 : Test de Shapiro-Wilk pour les paramètres liés au sol :

	<b>P1 Carb total</b>	<b>P2 Carb total</b>	<b>P3 Carb total</b>	<b>P1 M.O %</b>	<b>P2 M.O %</b>	<b>P3 M.O %</b>
<b>W (valeur observée)</b>	0,942	0,965	0,970	0,913	0,937	0,948
<b>p-value unilatérale</b>	0,414	0,785	0,860	0,152	0,350	0,500
<b>Alpha</b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

	<b>P1 Mg meq/10 0g</b>	<b>P2 Mg meq/10 0g</b>	<b>P3 Mg m eq/100 g</b>	<b>R (N/Cm<sup>2</sup>) P1</b>	<b>R (N/Cm<sup>2</sup>) P2</b>
<b>W (valeur observée)</b>	0,952	0,857	0,949	0,935	0,966
<b>p-value unilatérale</b>	0,557	0,022	0,515	0,328	0,793
<b>Alpha</b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

**Conclusion :**

Au seuil de signification Alpha=0,050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle l'échantillon suit une loi normale.

Autrement dit, la non normalité n'est pas significative.

## APPENDICE D

Tableau .4 : Matrice des corrélations entre paire des paramètres étudiés.

	CarbT	M.O	Rp	NTepi/p	NGEPIS	NE/M²	HT	RDTg	RDTbio	RDTp	CHLOR	K	HP1	HP2	HP3	Hmoy
CarbT	1,00															
M.O	0,34	1,00														
Rp	0,12	0,74	1,00													
NTepi/p	0,55	0,63	0,36	1,00												
NGEPIS	0,26	0,21	0,08	0,19	1,00											
NE/M²	0,58	0,64	0,36	0,88	0,33	1,00										
HT	0,72	0,21	0,03	0,30	0,48	0,49	1,00									
RDTg	0,62	0,36	0,16	0,62	0,76	0,80	0,69	1,00								
RDTbio	0,58	0,34	0,20	0,60	0,46	0,80	0,64	0,85	1,00							
RDTp	0,58	0,44	0,23	0,72	0,20	0,82	0,40	0,67	0,88	1,00						
CHLOR	0,79	0,34	0,19	0,58	0,47	0,65	0,65	0,79	0,73	0,73	1,00					
K	0,51	0,21	0,20	0,06	0,28	0,24	0,79	0,40	0,43	0,28	0,41	1,00				
HP1	0,36	0,24	0,28	0,30	0,38	0,35	0,49	0,53	0,36	0,24	0,51	0,43	1,00			
HP2	0,40	0,28	0,01	0,48	0,48	0,49	0,46	0,65	0,46	0,38	0,58	0,49	0,80	1,00		
HP3	0,81	0,41	0,30	0,60	0,46	0,62	0,66	0,75	0,60	0,51	0,84	0,39	0,65	0,74	1,00	
Hmoy	0,60	0,35	0,20	0,52	0,49	0,55	0,60	0,72	0,54	0,43	0,72	0,48	0,88	0,94	0,89	1,00