



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE



Étude de l'impact des précédents culturaux sur la culture de blé dur (*Triticum durum*, Desf.), et propriétés physicochimiques du sol sous le système semis direct en zone semi-arides

Fortas B.¹, Mekhlouf A.¹, Boutekrabt A.², Kara D.¹, Azzi A.¹

1 : département des sciences agronomique, faculté SNV, université SETIF1.

2 : département de biotechnologie, faculté SNV, université BLIDA1.

E-Mail : billel_pm@yahoo.fr

ARTICLE INFO

Mots clés :

Semis direct, précédents culturaux, blé dur, sol, humidité, rendement et composantes.

Key words:

Till, previous crops, durum wheat, soil moisture, yield and components.

RÉSUMÉ

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'emménagement 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/m² ($r=0.650$), 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.

ABSTRACT

The objective of the study deals with the effect of five previous crops (wheat (B), barley (O), lens (L), chemical fallow (BC) and a forage Association (peas / triticales) (AF)) on soil characteristics and behavior of the cultivation of durum wheat (*Triticum durum* Desf.), variety Bousselam conduct direct seeding. The experiment was conducted on a parcel belonging to the Collective Agricultural Company (EAC) MANSOURI EL-KHEIR (Setif), during the 2013/2014 crop year. The results indicate that treatment B / B promotes emménagement of deep water due to the presence of a plant cover (mulch) that plays an important role in maintaining moisture and reduction of evaporation of water. Rotations: JC / B, Feed Association (AF / B), L / B show a marked advantage for all culture-related characters: the biological yield, plant height, weight of thousand grains and chlorophyll content. The study of correlations shows that the chlorophyll content was significantly and positively correlated with the starting population ($r = 0.581$), plant height ($r =$

0.649), number of ears / m² ($r = 0.650$), the above ground biomass ($r = 0.728$), the straw yield ($r = 0.727$) and the grain yield ($r = 0.785$). The estimate of the seed bank showed the presence of eight weed species present in all studied treatments. The analysis of variance revealed a non significant effect on the previous enumerated weed species. This indicates that rotations performed in the previous year, did not induce any change in the floristic of the plot.

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 recherche d'alternatives plus respectueuses de l'environnement et de l'outil de production de l'agriculteur est devenue une nécessité et une urgence [1]. S'il paraît difficile d'agir sur les facteurs naturels, force est de constater que la maîtrise des facteurs techniques (rotation des cultures, intrants et mécanisation) palliera à ce problème. [2]. L'introduction des légumineuses dans les systèmes de culture offre aussi d'autres atouts environnementaux tels que l'enrichissement du sol, la réduction des maladies telluriques et des infestations d'adventices liées à la diversification des successions culturales [12] ainsi elle fournisse au bétail une nourriture particulièrement riche en protéine (20 %) [3].

MATERIEL ET METHODE

1. 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. 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 1). La matière organique présente un niveau moyen (2.35%), selon Bruce et Rayment [4] 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 [4].

Tableau 1 : résultats des analyses physico-chimique du sol de la parcelle à expérimentée (FERTIAL ,2012):

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

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/triticale). 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 m². 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 1)



Figure 1 : Plan de l'essai «Strip-Plot». (B=Blé, P/T=pois –triticale, JC=jachère chimique, L=lentille, O= orge) (FORTAS ,2015).

2. Paramètres mesurés

2.1. 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 [5]. 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 réalisés 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 Duchaufour[6] :

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

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.

2.1.1. 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 [7]. 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.

Le principe est de mesurer la quantité Q(cm³) 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, cm²), sous une charge d'eau constante de 3 cm au niveau de l'anneau central. La perméabilité (K cm/h) est calculée selon la formule [8] :

$$k ((cm^3 / m^2) / h) = Q(cm^3) / S(cm^2)$$

2.1.2. 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, cm³) connu, en l'enfonçant de façon mécanique à la surface du sol (0-10 cm), puis le dégageant en creusant autour.

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 (Da) est calculée selon la formule de BLAKE et HARTGE [8] :

$$Da = P(g) / V(cm^3)$$

Avec

Da : la densité apparente (masse volumique sèche).

P : poids sec de l'échantillon.

V : volume de l'échantillon de terre.

2.1.3. 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 [9] concernant la modélisation du développement racinaire montre que de tous les facteurs étudiés ; la résistance à la pénétration est le facteur le plus influant de la propagation des racines dans le sol.

La mesure de la résistance pénétrométrique (Rp) 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).

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

2.2. Suivi des cultures expérimentées

2.2.1. 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 (m²).

2.2.1. a. Peuplement à la levée

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

2.2.1. 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 Bousselam.

2.2.1. 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.

2.2.1.d. Rendement biologique (q/ha)

Le rendement biologique est estimé par le poids total de la végétation produite sur une surface de 3 x 0.17 = 0.51 m² et ramené en q/ha.

2.2.1. e. Rendement en graines (q/ha)

Le rendement en graines est estimé par le poids des graines produites sur une surface de 3 x 0.17 = 0.51 m² et ramené en q/ha

2.2.1. f. Rendement paille (q/ha)

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

2.2.1. 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.

2.2.2. Caractères physiologiques

2.2.2. a. La teneur relative en eau

La teneur relative en eau (TRE, %) est déterminée sur la feuille étendard par la méthode décrite par Stocker [10]. 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 [11] comme suit :

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

2.2.2. 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. 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 x 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.

2.2.2. c. La température de la canopée

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

RESULTATS ET DISCUSSION

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 2). 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 2). Les plus fortes températures sont inscrites en fin du cycle de la culture du blé, le mois de Juin avec 28,5°C (figure2).

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[12] 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 [13].

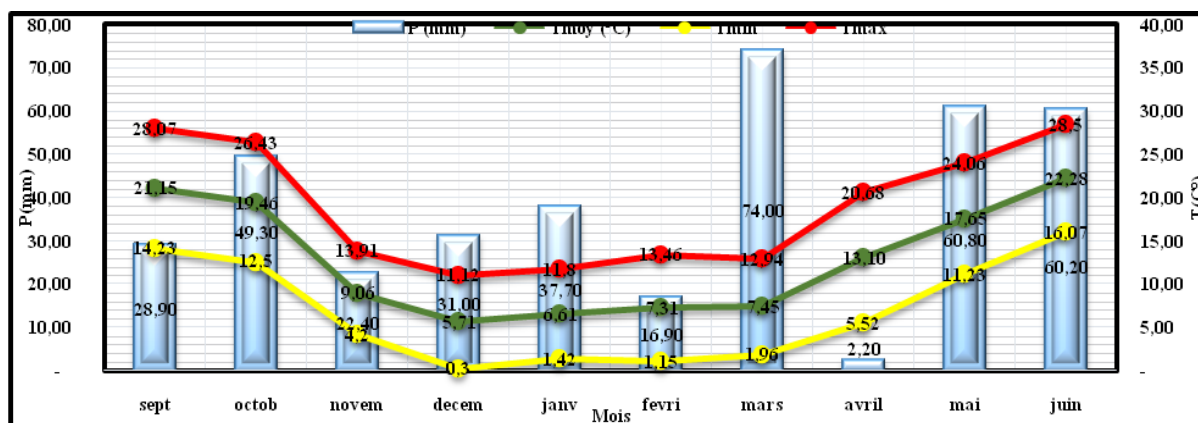


Figure 2: Pluviométries et températures mensuelles ($T_{\min}$, $T_{\max}$ et T_{moy}) mesurées de la campagne d'étude (ONM Sétif, 2014)

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). 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^{er} 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 (figure 4).



Figure 3 : Morphologie de surface de la parcelle du site expérimental (FORTAS, 2015).

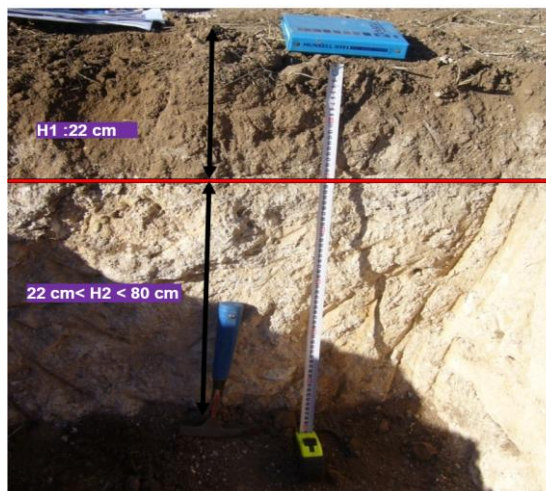


Figure 4 :Le profile pédologique du site expérimental, montrant une organisation horizontale du sol (FORTAS, 2015).

3. Etude du sol du site expérimental

3.1. L'humidité du sol

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 2). Alors que, D1-59JAS, D6-145JAS affichent un effet non significatif (tableau 2). Concernant l'interaction des deux facteurs, on note un effet non significatif chez l'ensemble des prélèvements (tableau 2). Il ressort que l'humidité varie selon les rotations et évolue en fonction de la croissance de la culture.

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[14], indiquant que les résidus de surface en conditions de semis direct aident à maintenir le sol plus longtemps humide. Sadeghi et Bahrani (2009) [15], observent plus d'humidité en conditions de non labour. Hannachi et Fellahi [16], indiquent que le semis direct à 60% ($SD_{60\%}$) du couvert accumule plus d'humidité que les traitements $SD_{0\%}$ et $SD_{30\%}$. Ces résultats confirment également, ceux obtenus par Mrabet [17] et Chenafi et *al.*, [18], 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 Djaidjaa [19] (tableau 3).

Tableau 2 : Carrés moyens de l'analyse de variance de l'humidité du sol.

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

Tableau 3 : Etude des valeurs moyennes des groupes statistiques homogènes de l'humidité du sol.

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

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 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 (tableau 4).

Tableau 4 : carrés moyen des éléments majeurs, N, P, K, Na, Mg, Ca, CE, Ph

S. var	Ddl	N	P	K	Na	Mg	Ca	CE	pH
F1	4	0,001 _{ns}	96,47 [*]	0,012 _{ns}	0,394 _{ns}	0,237 [*]	15,026 ^{**}	17,99 _{ns}	0,005 _{ns}
F2	2	0,003 _{ns}	283,63 ^{**}	0,011 _{ns}	0,030 _{ns}	0,016 _{ns}	2,562 _{ns}	11,24 _{ns}	0,011 _{ns}
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.

3.2.1. 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 [20]. C'est un facteur de précocité. Il accroît la résistance au froid et aux maladies [21]. 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.

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 [22], 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 5).

Tableau 5. Etude des groupes statistiques homogènes des éléments phosphore, magnésium et calcium, selon les précédents et chez le phosphore pour les tranches de profondeurs.

Éléments	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

3.2.2. Le magnésium (Mg)

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).

3.2.3. Le calcium (Ca)

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 [23].

3.2.4. 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 6).

Tableau 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 ^{ns}	0.01114820 ^{ns}
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.

3.2.5. Le carbone total et la matière organique du sol

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 7). 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 [24].

Tableau 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

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

3.3.1. 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 (tableau8).

Tableau 8 : 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'infiltre dans les sols deux fois et demis plus vite chez les traitements lentille et jachère chimique que les deux espèces de céréale (tableau9).

Tableau 9: Etude des groupes homogènes de la vitesse d'infiltration

Traitements	K (l/m ² /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

3.3.2. La résistance pénétrométrique du sol : R (N/cm²)

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, 10). 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/cm². Cependant le sol en profondeur sa résistance pénétrométrique affiche une valeur très élevée de 712,67 N/cm² (2), soit plus de deux fois plus résistante que la couche superficielle (tableau 11). 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 (figure8) et semblent être logiques avec la nature du sol sous conditions du semis direct et confirme ceux obtenus par Djaïdjaa [19].

Tableau 10 : Carrés moyen de l'analyse de variance de résistance la pénétrométrie R (N/Cm²)

Source de variation	DDL	R (N/Cm ²)
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.

Tableau 11 : Valeurs moyennes des groupes statistiques homogènes de la résistance pénétrométrique

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

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_{paille}), le rendement biologique (RDT_{bio}), le rendement grain (RDT_g) et l'indice de récolte (HI) et ne présente aucun effet pour le reste des caractères agronomiques (Tableau 12).

Tableau 12 : carrés moyens de l'analyse de variance des caractères agronomiques

Source de variation	Précédents	Résiduel	CV(%)
Ddl	4	10	-
NPL/M ²	266.17 ns	337.56	7.08
NT _{epi} /P	0.015 ns	0.012	12.21
HT (cm)	407.59 **	13.68	5.78
NE/M ²	1890.04 ns	886.32	12.49
NG/EPI	26.18 ns	19.13	16.26
PMG	37.63 *	8.97	6.27
RDT _{paille}	73.27 **	8.07	16.16
RDT _{bio}	236.67 *	56.13	15.36
RDT _g	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 13).

Tableau 13 : Valeurs moyennes des groupes statistiques homogènes des caractères agronomiques

Traitements	HT (cm)	RDT _{paille} (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

Tableau 14 : Valeurs moyennes des groupes statistiques homogènes, poids de mille grains, rendement biologique, rendement en grains et l'indice de récolte

Traitements	PMG	RDT _{bio}	RDT _g	HI (%)
J/C	52.13 a	57.51 a	36.70 a	64ab
P/T	48.12 ab	56.53 a	34.51 ab	60ab
Orge	47.79 abc	37.25 b	24.85bc	69a
Lentille	45.43 bc	50.32 ab	34.74 ab	67a
Blé	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

L'indice de récolte est le rapport RDT_g et RDT_{paille}. 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 [25]. 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, 14).

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 15). 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 15 : 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 16 : 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

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

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 la fois l'infiltration de l'eau et également limitent 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'infiltre dans les sols deux fois et demi 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/m² ($r=0,651$), 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.

Références bibliographiques

- Halvorson, A.D., Black, A.L., Krupinsky J.M., Merrill S.D., Wienhold B.J. et Tanaka, D.L., «Spring Wheat Response to Tillage System and Nitrogen. Fertilization with a Crop-Fallow System », *Agron. J.*, n° 92 (2000), 288–294.
- Kheyyar, M.O., Amara, M. et Harrad, F., «La mécanisation de la céréaliculture algérienne ». Dans : *Annales de l'INA*, n° 28, (2007), 95-112.
- Chauvel, B., Guillemain, J.P., Colbach, N. et Gasquez, J., «Evaluation of cropping systems for management of herbicide-resistant populations of black grass: *Alopecurus myosuroides* Huds», *CropProt*, n°20, (2001),127-137.
- 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.
137. Hesse, P.R. (Ed.), "A Text book of Soil Chemical Analysis" .John Murray, London, (1971), pp. 255±300.
- Duchaufour, PH. " Abrégé de pédologie. sol, végétation, environnement ", Masson, Paris, (1997) ,291p
- Colombani J., Lamagat J.P. et Thiebaut. J.. "Un nouvel appareil pour la méthode Müntz une extension de la méthode Porchet aux sols hétérogènes", (1973).
- 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.
- 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.
- Stocker, O. (1929) ., "Das Wasserdefizit von Gefässpflanzen in verschiedenen Klimazonen". *Planta* 7, 382–387.
- Martin M.A., Brown J.H. et Ferguson H., "Leaf water potential, relative water content and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley", *Agron. J.* n°81, (1989), 100-105.
- 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.
- Roberts H. A., Dawkins P. A., "Effect of cultivation on the number of viable weed seeds in soil". *Weed Res* , (1967), 290-301.
- 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.
- Sadaghi, H., et Bahrani, M.J., "Effects of crop residue and nitrogen rates on yield and yield components of two dry land wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars", *Plant Prod, Sci*, n°12, (2009),497-502.
- 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'ingénieur, UFAS, (2010),58p.
- 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>.
- Chennafi, H., Hannachi, A., Touahria, O., Fellahi, Z.E.A., Makhoulouf, 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.
- 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).
- 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.

- Gervy R., 1970 : “Les phosphates et l’agriculture”. Edition DUNOD, Paris. 298p.
- Barber S.A. 1995. “Soil Nutrient bioavailability”. A mechanistic approach. John Wiley and sons, 414p.
- 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.
- Rhyen 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).
- Auriau P., “ Sélection pour le rendement en fonction du climat chez le blé ”, *Annale de l’INA*, Alger, V. 8 , n° 2, (1978), 5-11.