



La revue francophone sur les fourrages et les prairies

The French Journal on Grasslands and Forages

Cet article de la revue **Fourrages**,
est édité par l'Association Française pour la Production Fourragère

Pour toute recherche dans la base de données
et pour vous abonner :

www.afpf-asso.org



AFPF – Maison Nationale des Eleveurs – 149 rue de Bercy – 75595 Paris Cedex 12

Tel. : +33.(0)1.40.04.52.00 – Mail : contact@afpf-asso.fr

Association Française pour la Production Fourragère

Analyse du comportement du sorgho fourrager hybride Sudan x Sorgho sous l'action de quatre techniques culturales

D. Bentahar¹, M. Amara², M. Bakel²

Comme le climat, les techniques de travail du sol évoluent sous l'effet du changement climatique. Quelle est la succession d'outils aratoires qui répond le mieux aux exigences de mise en place et au développement du sorgho fourrager dans la plaine de la Mitidja (Algérie) ?

RÉSUMÉ

L'expérimentation a comparé 4 techniques de travail du sol (la technique conventionnelle et une technique simplifiée avec travail du sol à 30 cm de profondeur, le travail minimum et le semis direct) ; chaque fois, 2 densités de semis ont été appliquées (d1 : 25 kg/ha et d2 : 35 kg/ha). La résistance pénétrométrique du sol est plus faible avec les 2 premières techniques qui semblent également plus aptes à stocker l'eau. Le semis direct assure le meilleur taux de levée (85%), le plus faible étant réalisé avec le travail simplifié (67%). Les rendements sont significativement plus élevés en travail conventionnel, labouré (36,6 et 33,8 t MS/ha pour d1 et d2) et plus faibles avec le semis direct (respectivement 11,2 et 10,7 t MS/ha pour d1 et d2).

SUMMARY

Response of hybrid forage sorghum-sudangrass to four different cropping techniques

Which soil preparation technique allows for the best establishment and development of forage sorghum-sudangrass on the Mitidja Plain (Algeria)? Four soil preparation techniques were compared: the conventional technique (ploughing), a simplified technique where the soil was worked to a depth of 30 cm, minimal soil preparation, and direct seeding. In each case, two seed densities were used: 25 kg/ha (d1) and 35 kg/ha (d2). The penetration resistance of the soil was lower following the application of the first two techniques, which also appeared to increase water storage. Direct seeding led to the highest rate of seedling emergence (85%), while the lowest rate of seedling emergence was associated with the simplified technique. Significantly higher yields were obtained with the conventional technique (36.6 and 33.8 t DM/ha for d1 and d2, respectively). The lowest yields were associated with direct seeding (11.2 and 10.7 for d1 and d2, respectively).

La rareté et la diminution des ressources hydriques, suite à la sécheresse et à l'irrégularité des précipitations, constituent le problème majeur qui menace l'agriculture algérienne. Ce problème est accentué par l'utilisation par les agriculteurs de pratiques culturales inappropriées, notamment celles liées au travail du sol, à la gestion des résidus de récolte et des mauvaises herbes.

Avec le progrès des techniques agricoles, nous assistons actuellement à une importante évolution des techniques de travail du sol pour la mise en place des grandes cultures : le labour conventionnel est remplacé par une technique dite Travail Minimum ou Travail Sans

Labour (TSL) et, à la limite, par la technique du Semis Direct (SD). Ces techniques sont perçues comme des alternatives capables de réduire la dégradation du sol et la consommation d'énergie. Les résultats obtenus en région semi-aride par BEKKOUCHE (2012) et FERRAH (2014), ont montré que :

- la simplification du travail du sol réduit le rendement du blé par rapport à la méthode classique ;
- le taux d'enracinement est lié directement à la structure du sol et à ses propriétés physico-mécaniques, notamment l'humidité, la porosité et la résistance pénétro-

AUTEURS

1 : Institut Technique des Grandes Cultures, El-Harrach

2 : Département de Génie Rural, ENSA - El-Harrach ; m.amara@ensa.dz

MOTS CLÉS : Algérie, dose de semis, eau du sol, production fourragère, semis direct, sorgho fourrager, sudangrass, technique culturale, travail du sol.

KEY-WORDS : Algeria, cultivation techniques, direct seeding, forage production, forage sorghum, seeding dose, soil tillering, soil water, sudangrass.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Bentahar D., Amara M., Bakel M. (2018) : «Analyse du comportement du sorgho fourrager hybride Sudan x Sorgho sous l'action de quatre techniques culturales», *Fourrages*, 236, 249-253.

métrique, elles-mêmes fonction de la technique culturale utilisée.

Sur le même site expérimental que BEKKOUCHE, ADLI et FEDDAL (2008) puis HAMANI (2013) ont étudié les différents paramètres du sol (humidité, porosité, résistance pénétrométrique) ; ils ont montré que les différents passages des outils aratoires, par leur action et par leur profondeur de travail, permettent une meilleure conservation de l'humidité et une augmentation de la porosité du sol comparativement au semis direct. La résistance pénétrométrique est inversement proportionnelle à la teneur en eau dans le sol et elle est plus importante avec le semis direct que sur les parcelles labourées. Divers travaux (BARTHELEMY *et al.*, 1989 ; IBEKWE *et al.*, 2002 ; BAKEL, 1999 ; AMARA, 2007) ont porté sur les effets des techniques culturales sur les rendements des céréales ; ils n'ont pas pris en compte les caractéristiques physico-mécaniques du sol et le développement de la culture pendant son cycle végétatif et n'ont pas mis en évidence un effet des techniques culturales.

Le rendement en fourrage d'une culture, dans un milieu donné, dépend pour une large part du nombre de pieds installés (MANICHON, 1977), c'est-à-dire des taux de germination et de levée par rapport à la densité de semis. Tous ces paramètres dépendent de l'état structural du sol et plus particulièrement de l'affinement du lit de semence et de son aération. En effet, la petite taille des graines nécessite un travail du sol soigné afin de préparer un lit de semence fin et bien émiétté. C'est pourquoi, un sol peu profond peut limiter le développement du sorgho.

L'expérience algérienne dans ces techniques de travail du sol est toute récente et concerne plus particulièrement le blé. Nos essais ont porté sur une culture fourragère importante pour l'Algérie, le sorgho, et étudié les effets de quatre techniques culturales : **quelle est la succession d'outils aratoires et la densité de semis qui répondent le mieux aux exigences du sorgho fourrager** pour l'obtention des meilleurs rendements ?

1. Matériel et méthodes

■ Localisation

L'étude a été réalisée durant la campagne agricole 2012/2013, sur la **station expérimentale de l'École Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) d'El-Harrach** (Alger, 3°08' de longitude Est, 36°43' de latitude Nord). La station se trouve sur le plateau d'El-Harrach appartenant à la plaine de la Mitidja. Le climat est de type méditerranéen, étage bioclimatique subhumide, à hiver doux et humide, avec une pluviométrie moyenne de 600 mm, des gelées rares, l'alternance d'une saison sèche et d'une saison chaude et des risques de sirocco réduits. Le sol est argilo-limoneux, avec 46,5% d'argile, 25,3% de limon et 26,8% de sable. L'état initial de la parcelle avant travail du sol se caractérise par une teneur pondérale en eau de 13%, une teneur en matière organique faible (1,45%) sur les dix premiers centimètres de profondeur et un pH alcalin (8,38).

■ Dispositif expérimental

Le sorgho fourrager est **un hybride F1 Sudan x Sorgho (*Sorghum sudanense*)**, d'origine du Pakistan, caractérisé par un pouvoir germinatif de 82,60% et un poids de mille grains de 30,26 g (Laboratoire de génie rural de l'ENSA, 2013).

Le dispositif expérimental est de type bloc factoriel (split-plot) à deux facteurs étudiés qui sont randomisés. La totalité de la surface a été divisée en trois blocs, lesquels sont subdivisés en huit micro-parcelles de surfaces égales ; les quatre techniques culturales et les deux doses de semis sont pratiquées dans chaque bloc.

Premier facteur : la technique de travail du sol, à quatre niveaux :

- technique simplifiée (TS) : travail du sol à 15 cm de profondeur, à l'aide d'un cover-crop, suivi par un vibroculteur ;

- technique minimum (TM) : travail du sol à 30 cm de profondeur, sans retournement, à l'aide d'un cultivateur à dents rigides et socs de scarifiage (chisel), suivi par un vibroculteur (7 dents) ;

- technique conventionnelle (TC) : travail du sol avec retournement, à 30 cm de profondeur, à l'aide d'une charue bisocs et d'un cover-crop (14 disques) ;

- semis direct (SD), après désherbage total (Roundup-glyphosate).

Le deuxième facteur est la densité de semis à deux niveaux : d1 (25 kg/ha) et d2 (35 kg/ha).

Pour TS, TM et TC, les opérations de travail du sol ont été exécutées fin mars 2013, dans des conditions d'humidité moyennes (13%). Pour les 4 techniques culturales, 70 kg/ha de N-P-K (15-15-15) ont été apportés comme engrais de fonds avant le semis et 21 unités d'engrais azoté (urée 46N) fractionnées en 2 apports (1/3 au semis et 2/3 au stade tallage). L'opération de semis a été effectuée le 4 avril 2013 à l'aide d'un semoir en ligne de type Agric PSM 30 pour TS, TM et TC, et avec un semoir Semeato de type SHM 11/13 pour le semis direct SD.

La lutte contre les adventices a été réalisée en deux temps : en pré-semis pour le semis direct, avec l'application de glyphosate à une concentration de 1 l/100 l d'eau ; le deuxième désherbage a été appliqué au stade début tallage par utilisation d'un herbicide sélectif (Damine) à la dose de 1 l/ha. Une seule coupe a été réalisée au stade fin épiaison, le 2 juillet 2013.

■ Paramètres et méthodes de mesure

Le sol est décrit par son **pH**, sa **granulométrie** (méthode à la pipette de Robinson) et son **taux de matière organique** (méthode Anne).

L'évolution de l'**humidité du sol**, réalisée sur toutes les micro-parcelles, est évaluée selon la méthode gravimétrique : les échantillons sont prélevés dans trois points de chaque micro-parcelle à l'aide d'une tarière sur une profondeur de

30 cm puis passés à l'étuve (105°C) pendant 24 heures. La teneur en eau du sol est obtenue à partir du rapport de variation des échantillons humides et secs selon la formule décrite par DUCHAUFFOUR (1997) : $H\% = 100 (PF - PS) / PS$. Les prélèvements ont été effectués au semis, aux stades montaison et épiaison de la culture.

L'effet indirect du travail du sol sur la racine de la culture est évalué par la **résistance à la pénétration** (R_p , en daN/cm^2), qui est déterminée par un pénétromètre conçu par le Cemagref. Deux mesures ont été effectuées, aux stades montaison (mi-mai) et début épiaison (juin).

Les mesures effectuées sur la culture ont concerné :

- le **taux de levée** (%), déterminé par comptage du nombre de pieds levés par m^2 à l'aide d'un cadre en bois mesurant 1 m de chaque côté ;

- le **nombre de talles par m^2** au stade fin montaison ; il sert à calculer le **coefficient de tallage** (K), qui est le rapport entre le nombre de talles/ m^2 et le nombre de pieds levés/ m^2 ;

- la **hauteur des tiges** (cm) au stade épiaison (à l'aide d'une règle plate) et leur **diamètre** (cm) au même stade (avec un pied à coulisse numérique) ;

- le **rendement en matière verte** (MV, en q/ha) est évalué à partir de prélèvements de $1m^2$ au stade épiaison (3 placettes par micro-parcelle soit 18 répétitions pour chaque technique culturale) ;

- le **rendement en matière sèche** (MS, en t/ha) et les taux de matière sèche ont été déterminés après séchage de ces échantillons de $1m^2$ de fourrage vert à l'étuve à 95°C pendant 3 jours.

L'analyse de la variance est effectuée en utilisant le logiciel StatBox 6.40. Les groupes homogènes ont été établis à l'aide du test de Bonferroni au seuil de signification de 5 %.

■ Données climatiques de la campagne d'étude

Le cumul pluviométrique enregistré durant la période de l'essai (de novembre 2012 à juin 2013) était de 598 mm soit une moyenne mensuelle de 75 mm ; les mois de mars, avril et mai ont été les plus arrosés avec un maximum enregistré en avril 2013 (148 mm). Lors de la période de la mise

Stade de prélèvement	Technique de travail du sol			
	TS	TM	TC	SD
Avant le semis (3 avril 2013)	13,86 ^{ns}	12,55 ^{ns}	14,04 ^{ns}	14,06 ^{ns}
Stade montaison (5 mai 2013)	11,32 ^{ns}	12,08 ^{ns}	13,79 ^{ns}	12,08 ^{ns}
Stade épiaison (juin 2013)	9,07 ^{ns}	9,73 ^{ns}	10,46 ^{ns}	8,86 ^{ns}

ns : effet non significatif

TABLEAU 1 : Évolution du taux d'humidité (%) dans le sol cultivé avec du sorgho fourrager en fonction du travail du sol.

TABLE 1 : Effects of soil preparation technique on the humidity (%) of soils planted with forage sorghum-sudangrass based on soil preparation technique.

en place du sorgho (avril), les précipitations étaient suffisantes pour le bon développement végétatif de la culture. Quant à la somme des températures moyennes, elle a été de 122,8°C, le mois le plus chaud étant juin 2013 (22,9°C) (Station météorologique de l'ENSA).

2. Résultats et discussions

■ Effet des techniques sur l'état structural du sol

• Effet sur l'humidité du sol

L'analyse de variance n'a montré aucune différence significative entre les quatre modes de conduite pour les 3 dates de prélèvements effectués (tableau 1). Cela est probablement dû aux fortes précipitations enregistrées durant la période de prélèvement des échantillons et à la relative hétérogénéité du sol de la parcelle expérimentale (bien que le dispositif adopté ait été choisi pour maîtriser d'éventuelles sources de variation).

Selon DERPSCH (2005), en l'absence d'un couvert végétal, le semis direct aboutit à des résultats négatifs. Nos résultats montrent qu'au stade montaison, la technique conventionnelle permet une meilleure conservation de l'eau : le taux de l'humidité est de 13,79%. Pour les autres techniques, la valeur est légèrement inférieure et varie de 11,32 à 12,08%. Le même constat est observé au stade épiaison : le labour (TC) a emmagasiné plus d'eau, suivi par le travail minimum (TM), le travail simplifié (TS) et enfin le semis direct qui semble offrir les conditions d'humidité les plus défavorables. A ce sujet, MOREL (1989) et GRAS (1988), cités par BEN HASSINE *et al.* (2003), concluent que l'humidité du sol varie selon la texture et le taux de matière organique du sol.

• Effet sur la résistance pénétrométrique du sol

La résistance mécanique à la pénétration est l'une des propriétés les plus déterminantes de la croissance racinaire de la plante et de la résistance du sol aux outils de travail du sol (ADLI et FEDDAL, 2008). Nos résultats sont illustrés par la figure 1.

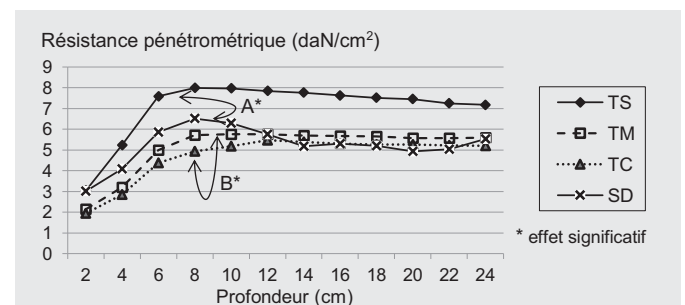


FIGURE 1 : Évolution de la résistance pénétrométrique avec la profondeur du sol au stade montaison du sorgho fourrager en fonction du travail du sol.

FIGURE 1 : Relationship between penetration resistance and soil depth during the growth of forage sorghum-sudangrass seedlings based on soil preparation technique.

Au stade montaison, la résistance mécanique à la pénétration du sol est en moyenne de 4,92 daN/cm² ; dans les parcelles travaillées TC et TM, elle est inférieure à la résistance enregistrée au niveau des parcelles réservées au semis direct et travail superficiel (cover-crop). L'analyse de variance a révélé une différence significative ($p = 0,02$) entre les quatre techniques culturales avec deux groupes homogènes distincts : groupe A (TS, SD) et groupe B (TC, TM). Cette **diminution de la résistance des parcelles TC et TM** est due au travail profond de la charrue et du chisel, c'est-à-dire à l'effet de soulèvement de la terre pendant le travail du sol.

Ces résultats concordent avec plusieurs études comparant les résistances à la pénétration sur semis direct vs sol labouré (AFZALINIA et ZABIHI, 2014 ; TASER et METINOGLU, 2005). On peut en conclure que les racines se développent mieux dans les parcelles menées avec un travail conventionnel.

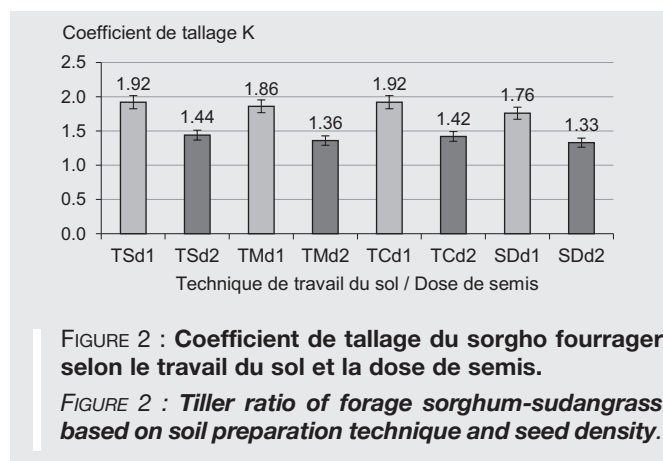
En revanche, nous n'avons pas noté d'effet significatif au stade épiaison, peut être en raison des fortes précipitations enregistrées fin mai - début juin (64 mm).

■ Effets des techniques sur les caractéristiques de la culture

L'effet des techniques de travail du sol est très hautement significatif pour le nombre de plants levés par unité de surface **et le rendement** en vert, hautement significatif pour le rendement en matière sèche et non significatif pour le nombre de tiges par m², la hauteur et le diamètre des tiges. L'effet de la dose de semis est très hautement significatif uniquement pour le nombre de plants levés/m². **L'interaction technique culturale x dose de semis a un effet significatif pour le rendement** en vert et en matière sèche.

• Taux de levée

Lors de l'installation du sorgho fourrager, les quatre techniques ont un effet très hautement significatif ($p = 0,0001$) pour le nombre de plantes compté à la levée. L'étude révèle l'existence de **trois groupes homogènes** : i) avec le semis direct (SD), ii) avec le travail minimum et le système conventionnel et iii) avec les techniques culturales simplifiées (TS) ; les taux sont respectivement de 85, 75, 72 et 67%. L'avantage observé pour le semis direct provient du type de semoir utilisé qui permet à la fois une régularité de la profondeur du semis et un contact parfait de la graine avec le sol. L'outil aratoire utilisé dans la préparation du lit de semences a donc un effet important sur le nombre de



plantes/m². Ces résultats sont confirmés par HANNACHI et FELLAHI (2010).

Le test de comparaison des moyennes montre que, quelle que soit la technique étudiée, c'est la dose de semis de 35 kg/ha (d2) qui a permis le meilleur peuplement à la levée. L'interaction technique culturale x dose de semis n'a dévoilé aucune différence pour cette variable.

• Capacité de tallage

L'analyse de variance pour le nombre de tiges par m² n'a montré aucune différence significative pour les facteurs étudiés (technique culturale et dose de semis) ainsi que leur interaction. Néanmoins, on observe figure 2 que le coefficient K est inversement proportionnel à la densité de peuplement. En effet, l'espacement supérieur entre les plants favorise le tallage ; TS présente un taux de levée assez faible, mais une bonne capacité de tallage contrairement au semis direct (SD). En 1999, BAKEL a relié le potentiel de tallage de l'hybride F1 Sudan x Sorgho (*Sorghum sudanense*) à l'augmentation du coefficient de tallage.

• Hauteur et diamètre des tiges

Aucune différence significative n'est observée pour les facteurs étudiés (technique culturale, dose de semis et leur interaction) pour le diamètre et la hauteur des tiges au stade épiaison (tableau 2). Les meilleurs résultats sont obtenus avec les techniques TC et TM, vraisemblablement favorisées par une bonne exploitation de l'eau et des éléments nutritifs provenant d'un enracinement profond, contrairement aux techniques TS et SD qui présentent un état plus compact du sol.

Traitement	TSd1	TSd2	TMd1	TMd2	TCd1	TCd2	SDd1	SDd2
Hauteur des tiges (cm)	91,5 ^{ns}	80,4 ^{ns}	115,4 ^{ns}	110,3 ^{ns}	131,8 ^{ns}	136,2 ^{ns}	67,9 ^{ns}	62,9 ^{ns}
Diamètre des tiges (cm)	0,66 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,55 ^{ns}

ns : effet non significatif

TABLEAU 2 : Hauteur des plantes et diamètre des tiges au stade épiaison du sorgho fourrager selon le travail du sol et la dose de semis.

TABLE 2 : Plant height and stem diameter at the heading stage based on soil preparation technique and seed density.

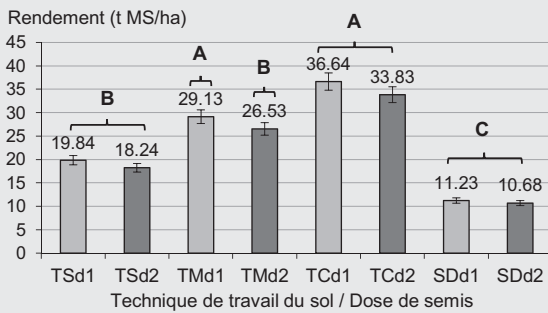


FIGURE 3 : Rendement en matière sèche du sorgho fourrager selon le travail du sol et la dose de semis.

FIGURE 3 : Dry matter yield of the forage sorghum-sudangrass based on soil preparation technique and seed density.

• Estimation du rendement de la culture

L'analyse de la variance du rendement en vert et en sec montre des différences très hautement significatives ($p=0,0002$) entre les différentes techniques de culture employées et identifie trois groupes distincts (figure 3). La dose de semis n'a pratiquement pas d'effet pour ces variables.

L'interaction entre la technique et la dose de semis a un effet significatif ($p=0,03$) (figure 3). En effet, **le traitement TCd1 a exprimé les plus hauts rendements** en vert et en sec (90,11 t/ha et 36,64 t MS/ha), **suivi de TCd2** (87,22 t/ha et 33,83 t MS/ha) ; le traitement SDd2 a les plus faibles rendements avec seulement 39,0 t/ha en vert et 10,68 t MS/ha en sec. Cet écart **peut s'expliquer par la bonne absorption de l'eau et des éléments minéraux chez les plantes avec un travail conventionnel** par rapport à celles en semis direct. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus en Tunisie par M'HEDHBI (1995) et BOUHEJBA (1997). De même, une recherche réalisée en Suisse a montré qu'une culture de blé a subi une perte de rendement de 14% en travail réduit comparativement au travail conventionnel (BERNER *et al.*, 2008).

Conclusion

Les résultats obtenus montrent que la technique culturale pour la mise en place d'une culture de sorgho a un effet sur les principaux paramètres physico-mécaniques du sol et par conséquent sur le développement de la culture. Nos travaux permettent de conclure que :

- la technique conventionnelle permet une meilleure conservation de l'eau par rapport aux autres techniques ;

- la résistance pénétrométrique est plus importante sur les parcelles en semis direct et en travail simplifié que sur les parcelles labourées ;

- en matière de levée du peuplement et indépendamment de la dose de semis, les taux de levée obtenus sont directement liés à la technique utilisée : le semis direct semble offrir le meilleur taux de levée par rapport aux autres techniques ;

- les meilleurs rendements sont enregistrés quand le sol est labouré.

Accepté pour publication,
le 25 novembre 2018

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADLI N., FEDDAL M.A. (2008) : *Analyse du comportement du sol sous l'action de différentes formes des pièces travaillantes des outils aratoires*, thèse Ing. ENSA, El Harrach-Alger.
- AFZALINIA S., ZABIHI J. (2014) : «Soil compaction variation during corn growing season under conservation tillage», *Soil and Tillage Research*, 137, 1-6.
- AMARA M. (2007) : *Contribution à la modélisation interface outils aratoires - sol. Optimisation de la forme et de l'effort de résistance à la traction des corps de charrue à socs et des outils à dents*, thèse de doctorat et d'état, I.N.A. El-Harrach.
- BAKEL M. (1999) : *Etude comparative de l'action des outils aratoires sur l'état structural d'un sol travaillé en vue de la mise en place de la culture du sorgho*, thèse. Ing. Agro. I.N.A., El-Harrach.
- BARTHELEMY P., BOISGONTIER D., LAJOUX P. (1989) : *Choisir les outils de semis*, éd. ITCF. (France).
- BEKKOUCHE O. (2012) : *Analyse de la résistance pénétrométrique du sol sous l'action de trois techniques du travail du sol*, thèse Ing. ENSA, El-Harrach - Alger.
- BEN HASSINE H., BEN SALEM M., BONIN G., BRAUDEAU E., ZIDI C. (2003) : «Réserve utile des sols du nord ouest tunisien - Evolution sous culture», *Etude et gestion des sols*, 10 (1), 19-34.
- BERNER A., HILDERMANN I., FLIESSBACH A., PFIFFNER L., NIGGLI U., MÄDER P. (2008) : «Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management», *Soil Tillage Res.*, 101, 1-2, 89-96.
- BOUHEJBA A. (1997) : *Etudes comparatives des effets des différents modes de travail du sol sous des conditions semi arides sur l'élaboration du rendement du blé tendre*, mémoire de fin d'étude du cycle spécialisation, INA Tunisie.
- DERPSCH R. (2005) : «The extent of the conservation agriculture worldwide. Implications and impacts», *Proc. 3rd World congress on conservation agriculture*, Nairobi (Kenya).
- DUCHAUFFOUR P.H. (1997) : *Abrégé de pédologie. Sol, végétation, environnement*, Masson, Paris, 921 p.
- FERRAH A.G. (2014) : *Effet de trois techniques culturales sur le développement de blé en zone semi-aride*, thèse Ing. de l'université Mouhamed Boudiaf, M'sila.
- HAMMANI A. (2013) : *Effet de trois techniques de mise en place d'une culture sur le développement des racines et conséquences sur le rendement*, thèse Ing. ENSA, El-harrach-Alger.
- HANNACHI, FELLAHI (2010) : *Effets des résidus et du travail du sol sur le comportement du blé dur (Triticum durum, Desf.) en zone semi-aride*, mémoire d'ing. UFAS, 58 p.
- IBEKWE A.M., KENNEDY A.C., FROHNE P.S., PAPIERNIK S.K., YANG C.H., CROWLEY D.E. (2002) : «Microbial diversity along a transect of agronomic zones», *FEMS Microbiology Ecology*, 39, 3, 183-191.
- MANICHON H. (1977) : *Structure du sol et profil cultural : répercussions sur le rendement des cultures, modifications sous l'action du climat et des outils*, I.N.A. Paris.
- M'HEDHBI K. (1995) : «Effet des outils de travail du sol et de semis sur le rendement des céréales cultivées en sec», *Actes 27^e Journées nationales sur les acquis de la recherche agronomique, halieutique et vétérinaire en Tunisie*, vol. 1, 36-45.
- TASER O.F., METINOGLU F. (2005) : «Physical and mechanical properties of a clayey soil as affected by tillage systems for wheat growth», *Acta Agriculturae Scandinavica, B - Soil & Plant Science*, 55, 3, 186-191.

