

Les effets de trois techniques de travail du sol sur son état structural et hydrique

M.E. Hamza*

Keywords: Soil structure - Water - Mouldboard plough - Chisel plough - Disk harrow.

Résumé

Les effets de trois techniques de travail du sol sur son état structural et hydrique ont été étudiés à l'aide de mesures sur champ. Les trois techniques expérimentées sont le retournement du sol à l'aide d'une charrue à socs et versoirs, le non retournement à l'aide d'un cultivateur à dents et le retournement superficiel à l'aide d'un pulvérisateur à disques. L'état structural et hydrique ont été caractérisés par le poids spécifique apparent sec, la perméabilité et la teneur en eau du sol.

Les résultats montrent un état poreux après travail avec retournement caractérisé par des discontinuités sub-horizontales qui freinent l'infiltration verticale de l'eau et entraînent la meilleure imbibition en eau, mais aussi le dessèchement le plus élevé. Le non retournement du sol permet la plus grande vitesse d'infiltration de l'eau et le travail superficiel assure le dessèchement du sol le plus faible.

Summary

The effects of three soil preparation techniques on its structural and hydric condition were studied through field experiments. The three techniques studied were soil turning-over with a mouldboard plough, no turning-over with a chisel plough and a superficial turning-over with a disk harrow.

The structural and hydric condition were characterised by the dry apparent specific weight, the permeability and the soil water content.

The results showed a porous condition with mouldboard plough characterised by sub-horizontal discontinuities which slow vertical infiltration of water and ensure the highest drying effect. Chisel plough allowed the greatest water infiltration and disk harrow ensured the lowest soil drying effect.

Introduction

Le climat de la Tunisie se caractérise par une faible pluviométrie, variable dans l'espace et dans le temps à laquelle s'ajoute un régime d'évaporation intense. Dans certaines régions, le déficit plus ou moins chronique en eau de pluie est comblé par des irrigations. A cet effet, des efforts importants sont déployés pour utiliser au mieux les ressources en eau de surface et souterraines (barrages, lac colinéaires, forages, etc...) (4).

Mais parallèlement à l'irrigation, il est indispensable de chercher à réduire les pertes des eaux fournies, quelle que soit leur origine.

L'équation de la variation du stock d'eau "dS" dans le sol, s'écrivant en fonction des apports "P", de l'évapotranspiration réelle "ETR", du ruissellement "R" et du drainage "D": $dS = P - ETR - R - D$, permet de mettre en évidence l'intérêt de minimiser les facteurs soustractifs ETR, R et D, compte tenu du facteur P limité, afin de maintenir un stock d'eau suffisant dans le sol.

L'infiltration du maximum des apports d'eau en évitant les pertes par ruissellement et stagnation en surface, la limitation des fuites par drainage (sans atteindre l'engorgement) et la réduction de l'évaporation, permettent une meilleure gestion des ressources hydriques.

La vitesse d'infiltration d'une pluie ou d'une irrigation représente la quantité d'eau qui s'infiltré par unité de temps dans un sol. Elle dépend du profil de la teneur en eau du sol, de l'intensité des apports, de la granulométrie du sol et de son organisation spatiale (3).

Le processus d'évaporation qui se caractérise par une ascension capillaire de l'eau, est fonction de la texture, de la structure du sol et du climat (1).

Les écoulements verticaux de l'eau dans le sol dépendent donc de la structure de la phase solide qui est en grande partie liée aux techniques de travail du sol.

Papy (6) a pu mettre en évidence une infiltration privilégiée de l'eau dans un labour en gros blocs compacts avec vides, se traduisant par une moindre imbibition de la terre. Les travaux de Hillel (2) ont montré que l'humidité d'un sol compacté est supérieure à l'humidité du même sol structuré, dans des conditions de non saturation, ce qui tendrait à dire qu'un tassement peut améliorer la réserve utile d'un sol. L'objet de notre travail consiste à étudier pour un type de sol donné les effets de trois techniques de travail du sol sur son état structural et hydrique. Les trois techniques de travail du sol choisies représentent les trois grandes catégories de mode d'action des outils sur le sol, à savoir, le retournement, le non-retournement et le travail superficiel du sol.

Matériel et méthodes

Les essais ont été menés sur une parcelle située dans le périmètre irrigué du barrage "Lakhmes" (Tunisie), sur un sol d'alluvions argilo-limoneux. L'état initial de la parcelle avant travail du sol se caractérise par un état homogène avec un poids spécifique apparent sec moyen de 1,5 g/cm³, une te-

* Institut National Agronomique de Tunisie - 43 avenue Charles Nicolle, 1002 Tunis, Tunisie - actuellement Fac. des Sciences Agronomiques, 2 passages des Déportes, B-5030 Gembloux - Belgique.
Reçu le 29.09.90 et accepté pour publication le 05.01.94

neur en eau pondérale de 19% sur l'horizon 0-45 cm et une perméabilité de 0,95% cm/min.

Le dispositif expérimental comprend un facteur étudié, "la technique de travail du sol", à trois niveaux (T1, T2, T3) et trois variables mesurées, le poids spécifique apparent sec, la perméabilité et l'humidité du sol. Ces mesures sont complétées par des examens visuels de profils culturaux dans les zones travaillées par les différents outils. Les trois niveaux du facteur étudié sont les suivants:

- Traitement 1 = T1: le travail du sol avec retournement à 30 cm de profondeur, à l'aide d'une charrue trisocs équipée de versoirs du type cylindro-hélicoïdal avec une largeur de travail de 120 cm.

- Traitement 2 = T2: le travail du sol sans retournement à 30 cm de profondeur, à l'aide d'un cultivateur à dents rigides montées sur ressorts et socs de scarifiage du type "chisel" avec une largeur de travail de 240 cm.

- Traitement 3 = T3: le travail du sol avec retournement à 15 cm de profondeur, à l'aide d'un pulvériser à deux rangées de disques de 60 cm de diamètre, crénelés à l'avant et lisses à l'arrière sur une largeur de travail de 200 cm.

Le dispositif expérimental a été adopté pour les trois traitements en trois répétitions et en blocs aléatoires, soit neuf parcelles élémentaires de dimensions (40*15) m² chacune. L'état structural est caractérisé par des mesures du poids spécifique apparent sec du sol à l'aide de tubes métalliques biseautés à leur base et enfoncés dans le sol par une barre de poussée. Les cylindres de sol prélevés ont un diamètre de 5 cm et une hauteur de 5 cm soit un volume de 98,2 cm³, ils sont pesés après séchage à 105°C à l'étuve pendant 24 heures, pour déduire leur poids sec. Les mesures sont effectuées avant et après passage des outils sur 48 cm de profondeur, tous les 8 cm de sol.

L'évolution de l'état hydrique en fonction du temps est caractérisée par un suivi de l'humidité pondérale du sol par la méthode gravimétrique au cours d'une phase de dessèchement après une irrigation par aspersion équivalente à 80 mm de pluie pendant 12 heures, sur l'ensemble du dispositif expérimental. Les échantillons de sol sont prélevés sur 70 cm de profondeur tous les 10 cm, à l'aide d'une tarière manuelle à organe de coupe hélicoïdal. Le séchage des échantillons mis à l'étuve pendant 24 heures à 105°C permet par différence de pesées de déterminer les teneurs en eau pondérales des différents traitements.

Les mesures de l'infiltration verticale de l'eau dans le sol ont été réalisées par la méthode de Muntz à charge variable. Le principe de mesure consiste à suivre en fonction du temps "t" le niveau d'une charge d'eau "h". Celle-ci est située dans un anneau de 30 cm de diamètre enfoncé dans le sol et entouré par un anneau extérieur de 55 cm de diamètre ayant la même charge d'eau permettant ainsi d'éviter les écoulements latéraux de l'anneau intérieur. La valeur constante du rapport dh/dt enregistrée à la fin de l'essai, correspondant à un régime permanent, définit la perméabilité K du sol. Cette méthode est bien adaptée aux mesures superficielles sur champ car elle ne modifie pas l'état de surface et la structure du sol en place.

Résultats

L'examen des profils moyens des poids spécifiques apparent sec (fig. 1), des trois traitements T1, T2 et T3 par rapport à l'état initial, permet de mettre en évidence les augmentations de porosité obtenues après passage des différents outils. Les profils moyens des trois traitements présentent une allure croissante à partir de la surface du sol jusqu'à la pro-

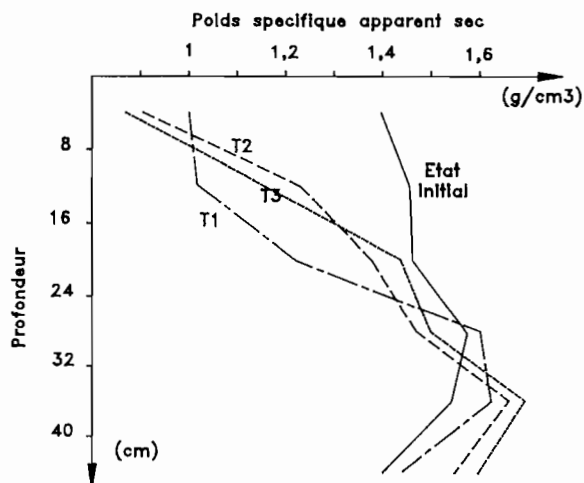


Fig. 1: Poids spécifique apparent sec (g/cm³) en fonction de la profondeur du sol (cm) pour les trois traitements T1 (charrue à socs), T2 (cultivateur à dents) et T3 (pulvériser à disques).

TABLEAU 1
Valeurs moyennes (g/cm³) et coefficients de variation (%) du poids spécifique apparent sec du sol en fonction de la profondeur (cm) pour les 3 traitements T1 (charrue à socs), T2 (cultivateur à dents) et T3 (pulvériser à disques).

Prof. cm	T1		T2		T3		PPDS 0,05
	T1	C.V	T2	C.V	T3	C.V	
0-8	1,023	7,39	0,918	12,38	0,883	5,33	N.S*
8-16	1,093	9,63	1,235	7,66	1,156	8,42	N.S*
16-24	1,284	3,46	1,373	4,15	1,453	4,31	0,1625
24-32	1,592	2,84	1,483	11,84	1,491	6,41	N.S*
32-40	1,612	1,25	1,639	2,71	1,675	3,01	N.S*
40-48	1,465	10,21	1,568	5,39	1,611	1,77	N.S*

* Ecart non significatifs.

fondeur de travail concernée, puis une allure sensiblement verticale qui caractérise la zone non travaillée. Cependant par rapport aux traitements T2 et T3 le traitement T1 montre une certaine discontinuité, avec une zone dense en surface et des horizons poreux en profondeur. Ce résultat a été confirmé par l'examen des profils culturaux qui ont mis en évidence des blocs compacts en surface et des zones creuses au fond du labour, dans le cas du traitement T1. Le traitement statistique des valeurs du poids spécifique apparent sec sur les six niveaux de profondeur, montre des différences significatives entre le traitement T1 et les traitements T2 et T3 pour l'horizon 16-24 cm (tableau 1).

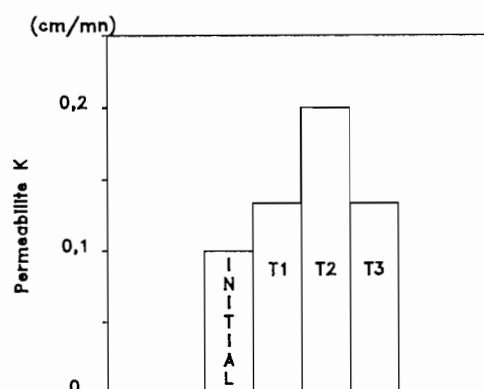


Fig. 2: Perméabilités du sol (cm/mn) pour les trois traitements T1 (charrue à socs), T2 (cultivateur à dents) et T3 (pulvériser à disques).

Au dessous des couches travaillées, les trois traitements présentent un horizon plus dense que l'état initial qui caractérise le phénomène de tassement du sol en profondeur dû au passage des ensembles tracteur-outils.

L'histogramme des valeurs moyennes de la perméabilité (fig. 2), montre une supériorité du traitement T2 sur les traitements T1 et T3. Ce résultat est confirmé par l'analyse de la

TABLEAU 2
Valeurs moyennes (cm/mn) et coefficients de variations (%) de la perméabilité du sol pour les trois traitements T1 (charrue à socs), T2 (cultivateur à dents) et T3 (pulvériser à disques).

T1		T2		T3		PPDS
T1	C.V	T2	C.V	T3	C.V	
0,132	18,61	0,198	35,33	0,127	31,8	0,052

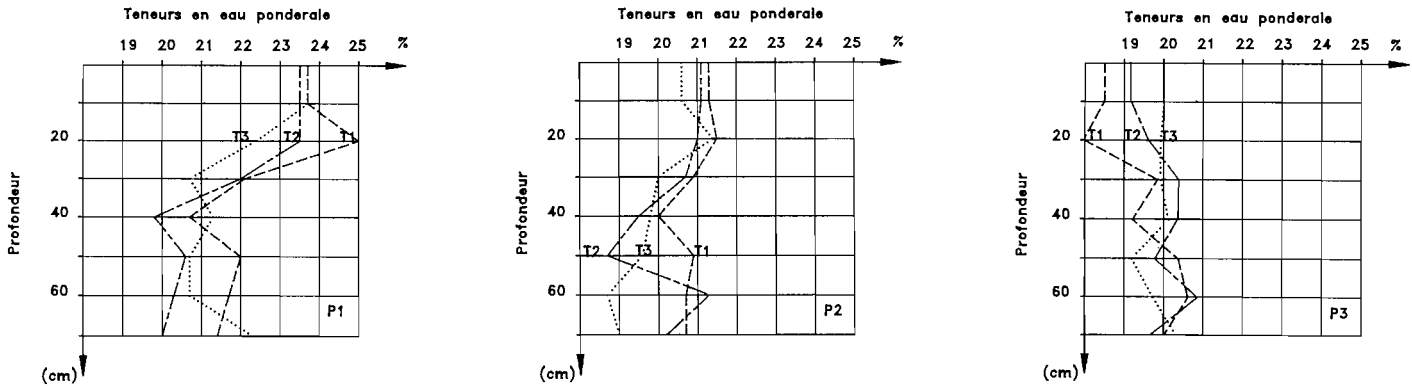


Fig. 3: Teneurs en eau pondérales (%) en fonction de la profondeur du sol (cm) pour les trois traitements T1 (charrue à socs), T2 (cultivateur à dents) et T3 (pulvériser à disques) au cours des trois périodes de mesures P1, P2 et P3.

TABLEAU 3
Valeurs moyennes (%) et coefficients de variations (%) des teneurs en eau pondérales du sol en fonction de la profondeur (cm) pour les trois traitements T1 (charrue à socs), T2 (cultivateur à dents) et T3 (pulvériser à disques) au cours des trois périodes de mesures P1, P2 et P3.

	Prof. cm	T1		T2		T3		PPDS
		T1	C.V	T2	C.V	T3	C.V	
P1	0-10	23,70	4,54	23,38	5,03	23,73	3,07	N.S*
	10-20	24,85	1,70	23,47	8,01	22,28	5,49	0,0153
	20-30	21,95	10,09	22,00	4,50	20,72	10,88	N.S*
	30-40	20,87	4,34	19,75	9,73	21,20	9,40	N.S*
	40-50	21,82	7,78	20,72	7,83	20,80	8,11	N.S*
	50-60	21,60	11,73	20,48	6,49	20,58	10,21	N.S*
	60-70	21,45	10,67	20,15	8,77	21,98	7,89	N.S*
P2	0-10	20,60	5,68	21,17	6,11	21,36	6,43	N.S*
	10-20	21,57	6,16	21,07	3,72	21,53	7,07	N.S*
	20-30	20,87	12,37	20,88	6,76	20,03	3,34	N.S*
	30-40	19,98	8,18	19,77	9,53	20,20	8,86	N.S*
	40-50	20,73	11,74	18,73	18,44	19,67	4,71	N.S*
	50-60	20,35	15,74	20,75	9,34	18,55	10,18	N.S*
	60-70	20,23	11,26	19,88	11,47	19,10	18,24	N.S*
P3	0-10	18,57	4,63	19,22	3,77	20,03	1,75	N.S*
	10-20	17,80	23,60	19,65	5,41	20,05	4,69	N.S*
	20-30	20,23	8,40	20,18	3,20	20,07	4,62	N.S*
	30-40	19,23	4,28	19,54	5,73	20,68	6,68	N.S*
	40-50	20,18	11,52	19,85	5,76	19,25	8,76	N.S*
	50-60	20,55	9,57	20,78	10,07	19,80	6,44	N.S*
	60-70	20,22	11,85	19,97	11,63	20,35	5,23	N.S*

* Ecart non significatifs.

variance des valeurs de la perméabilité, qui met en évidence des écarts significatifs entre le traitement T2 et les traitements T1 et T3 (tableau 2). L'examen des profils culturaux est en accord avec ce résultat, qui montre des fentes verticales constituant des chemins préférentiels pour l'eau, à l'endroit des passages des dents du cultivateur. L'examen des profils hydriques (fig. 3) des trois traitements lors de la phase de dessèchement correspondant aux mesures à un jour, quatre jours et onze jours après l'irrigation gé-

néralisée permet de mettre en évidence les résultats suivants:

- La première mesure P1 montre une humidification plus importante du traitement T1 avec un maximum enregistré au niveau de l'horizon 10-20 cm. L'analyse de la variance confirme ce résultat par un écart significatif entre les traitements T1 et T3 pour ce même horizon (tableau 3).
- La mesure P2 indique une réduction prononcée des humidités en surface pour les traitements T1 et T2.

- La troisième mesure P3 confirme la précédente par un dessèchement accentué du traitement T1 qui perd ainsi 7% d'humidité pondérale à 20 cm de profondeur onze jours après l'apport, alors que le traitement T2 en perd 4% et le traitement T3 n'en perd que 2% dans les mêmes conditions climatiques.

- Les variations des teneurs en eau en fonction du temps sont plus élevées dans le cas du traitement T1 qui s'humecte bien lors des apports et se dessèche rapidement pendant une phase évaporative.

Discussion

Il apparaît au terme de ces résultats, que les effets des trois traitements, peuvent être synthétisés comme suit:

- Les discontinuités sub-horizontales caractérisant le retournement du sol du traitement T1, entraînent un état structural poreux et une perméabilité réduite qui semble être liée au réseau sinueux des vides et qui ont pour conséquence directe une réduction de la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol et une meilleure imbibition de l'horizon superficiel. Cependant les pertes d'eau par évaporation sont élevées traduisant une macroporosité importante et des surfaces d'échange élevées dues aux grosses mottes de terre.

- Les discontinuités sub-verticales dues au travail du traitement T2, provoquent la perméabilité la plus élevée, mais des teneurs en eau inférieures au traitement T1. Ceci est lié aux fentes verticales produites par les dents de l'outil qui représentent des chemins préférentiels pour l'eau qui traverse ainsi rapidement et en grande quantité la couche superficielle du sol sans l'humecter en conséquence. Par ailleurs le traitement T2 permet un dessèchement modéré.

- Le mélange de terre fine et de mottes sur 15 cm de profondeur, qui caractérise le traitement T3, entraîne le dessèchement le plus faible et un stock d'eau le plus élevé onze jours après l'irrigation malgré sa faible perméabilité et son humectation réduite au départ. Cette économie d'eau peut être liée au travail réduit à la partie superficielle et à la structure de l'horizon travaillé qui semble constituer un écran protecteur aux échanges thermiques avec le milieu extérieur.

Conclusion

Au terme de ce travail expérimental il apparaît qu'il existe des relations causales entre les techniques de travail du sol et son état structural et hydrique. Cependant ces relations ne sont pas constantes dans le temps. En effet, nous avons constaté que les trois variables mesurées, le poids spécifique apparent sec, la perméabilité et la teneur en eau n'évoluent jamais dans le même sens pour les trois techniques testées.

Le labour à l'aide d'une charrue à socs et versoirs réalise un état poreux, peu perméable et qui se dessèche rapidement. Le travail du sol à l'aide du cultivateur à dents entraîne un état du sol peu poreux, très perméable et un dessèchement modéré.

Le travail du sol à l'aide d'un pulvérisateur à disques permet le dessèchement le plus faible, avec une perméabilité réduite. Ce résultat confirme le fait qu'il n'existe pas un outil idéal capable de réaliser l'ensemble des objectifs et la nécessité d'adapter un outil à chaque situation. Ceci est d'autant plus valable dans les zones arides où les teneurs en eau des sols peuvent varier suivant des proportions importantes lors des passages des périodes sèches aux périodes de pluies.

Références bibliographiques

1. Féodorof A., 1965. Etude expérimentale de l'infiltration de l'eau non saturante. Thèse. Publ. INRA. 90 p., Paris (France).
2. Hillel D., 1971. Soil and water, Acad. Press. New York, 288 p.
3. Henin S., 1977 Cours de physique du sol. L'eau et le sol. **Volume II**, ORSTOM-Paris, 222 p.
4. Kallel A., 1981. Bilan global des ressources en eau de surface en Tunisie. Division des ressources en eau, B.P. 10 - 2080 Ariana Tunisie, 22 p.
5. Klute A., 1973. Soil water flux theory and its application in field situations, Field soil water regime. Special vol. **5**, 9-35, Madison (USA).
6. Papy F., 1986. Effet de l'état structural d'une couche labourée sur sa rétention en eau, Agronomie **6** (6), 555-565.

M.E. Hamza: tunisien. Docteur Ingénieur en Sciences Agronomiques - Maître assistant à l'Institut National Agronomique de Tunisie, 43 Avenue Charles Nicolle - 1002 Tunis - Tunisie.

The opinions expressed, and the form adapted are the sole responsibility of the author(s) concerned.

Les opinions émises et la forme utilisée sont sous la seule responsabilité de leurs auteurs.

De geformuleerde stellingen en de gebruikte vorm zijn op de verantwoordelijkheid van de betrokken auteur(s).

Las opiones presentadas y la forma utilizada son de la única responsabilidad de los autores concernidos.