

EFFET DE L'ACTION DES PIÈCES TRAVAILLANTES D'UNE CHAÎNE CLASSIQUE DE PRÉPARATION DU SOL SUR L'ÉVOLUTION DE LA RÉSISTANCE PÉNÉTROMÉTRIQUE

AMARA M., BOUDHAR L., ADLI N. et FEDDAL M.A.
Laboratoire de machinisme agricole – Génie Rural
Ecole Nationale Supérieure Agronomique
m.amara@ina.dz

RESUME

En vue de mieux comprendre, la dynamique du système racinaire, une analyse de l'évolution de la teneur en eau, de la porosité et de la résistance pénétrométrique du sol sous l'action des différentes pièces travaillantes des outils aratoires d'une chaîne classique de préparation du sol est développée.

Les essais réalisés sur parcelle expérimentale ont montré que l'action des pièces travaillantes modifie les valeurs de ces paramètres. La porosité augmente considérablement après le labour, elle passe de 40,4 % à 49,38 %. Le passage du covercrop permet d'atteindre une valeur de 51,02 % et après le cultivateur à dents la porosité totale augmente à une valeur de 52,65 %. Pour ce qui est de la résistance pénétrométrique, celle-ci est fortement conditionnée par la teneur en eau. Sa valeur passe de 10,65 daN/cm² avant le labour à 6,36 daN/cm² après le labour. Sa valeur augmente de nouveau après le passage du covercrop et atteint 10,10 daN/cm² et augmente légèrement après le passage du cultivateur à dents.

Les valeurs moyennes montrent que la résistance pénétrométrique est inversement proportionnelle à la teneur en eau.

Ces évolutions sont illustrées par des fonctions polynomiales du premier et du second degré. L'effet combiné de la porosité et de l'humidité du sol sur la résistance pénétrométrique est quantifié par la relation : R_p (daN/cm²) = 21,86 – 0,793 w – 0,041 n. et l'effet de la teneur en eau dans le sol par le modèle : $R_p = - 19,763 + 5,096 w - 0,213 w^2$

Mots clés : résistance pénétrométrique, tassement, labour, teneur en eau, porosité, modèle

ABSTRACT

This work is a contribution to the concerns of soil; it focuses on an analysis of changes in the water content, porosity and cone index soil under different parts working tools tillage action of classical string soil preparation. The tests, conducted on the National Agronomic Institute Experimental Station, have shown that the action of working parts alter the values of these parameters.

The porosity increases considerably after labour, an increase from 40,4% to 49,38%. The passage of cover crop can reach a value of 51,02% and after the tine cultivator porosity increases to a total value of 52,65%.

With regard to the cone index, it is strongly influenced by moisture content. Its value rose from 10,65 daN / cm² before ploughing to 6,36 daN / cm² after labour. Its value increases again after the cover crop and reached 10,10 daN / cm² and increases slightly after the tine cultivator.

The averages show that the cone index is inversely proportional to the moisture content. These changes are illustrated by the relationship R_p (daN/cm²) = 21,86 - 0,793 w - 0,041 n. The effect of moisture in the soil is illustrated by the model: $R_p = - 19,763 + 5,096 w - 0,213 w^2$

Words keys: cone index, compaction, porosity, ploughing, moisture content, model.

ملخص

من أجل فهم أفضل لديناميكية نظام الجذور، أقيمت تحليلات تتعلق بتطور كمية الماء، مسامية التربة و مقاومتها لاختراق الجذور لها تحت تأثير مختلف قطع الآليات المستعملة في سلسلة كلاسيكية لتحضير التربة.

التجارب التي أجريت على المساحات التجريبية أظهرت أن تأثير القطع العاملة تغير من قيمة تلك القيم المسامية تزداد بكمية معتبرة بعد الحرث، تنتقل من 40.4 % إلى 49.38 %. مرور ال cover-crop يرفع القيمة إلى 51.02 % وبعد مرور آلة الزرع ذي الأسنان، المسامية الكاملة تصل إلى قيمة 52.65 %.

وفيما يخص مقاومة التربة لاختراق الجذور لها، فإنها تتأثر جدا بكمية الماء، تنتقل قيمتها من 10.65 daN/cm^2 قبل الحرث إلى 6.36 daN/cm^2 بعده. قيمتها تزداد من جديد بعد مرور ال cover-crop لتصل إلى 10.10 daN/cm^2 ، وتزداد أكثر بعد مرور آلة الزرع ذي الأسنان.

القيم المتوسطة تبين أن مقاومة التربة لاختراق الجذور لها هي متناسبة تناسباً عكسياً مع كمية المياه التي تحتويها.

هذه التطورات ممثلة بالمعادلات التالية – $R_p (\text{daN/cm}^2) = 21,86 - 0,793 w - 0,041 n$ و $R_p = - 19,763 + 5,096 w - 0,213 w^2$.

الكلمات المفتاحية : مقاومة التربة، الحرث، كمية الماء، مسامية، مثل.

Notations

n porosité totale, %

ρ_d masse volumique sèche, g / cm³

ρ_s masse volumique réelle, g / cm³

w teneur en eau du sol, %

R_p résistance pénétrométrique, daN / cm²

p probabilité statistique

R² coefficient de détermination

INTRODUCTION

Les pratiques agricoles et plus particulièrement les opérations de travail du sol modifient les propriétés physiques de sol y compris sa structure, sa densité apparente, sa conductivité thermique et son alimentation en eau, sa distribution des grandeurs des pores et par conséquent celle des racines sur la profondeur travaillée. Ceci induit impérativement la modification des rendements des cultures mises en place.

Le changement de la distribution des pores entraîne celui du stockage et de la transmission d'air, de l'eau et des corps dissous, qui peuvent mener à une amélioration du développement de la culture en place si les opérations du travail du sol sont correctement menées.

HILL, (1990) a montré que le non labour durant plusieurs campagnes avait comme résultat une diminution de la taille des pores ce qui entraînait une diminution de la réserve en eau et par conséquent une diminution des rendements.

Selon CASSEL, (1982), la charrue à socs permet entre autre, la conservation maximum des chaumes dans le sol qui à long terme l'enrichiront en matière organique tout en limitant son érosion.

Pour certains auteurs comme, FRANCIS et autres, 1987 ; HODGSON et autres, 1989 ; LAL et autres, 1989 ; HASHEMI-DEZFULI et HERBERT, 1996, ont montré que jusqu'à présent les techniques simplifiées avaient les mêmes conséquences que les techniques conventionnelles sur le rendement des cultures. Cependant, O' SULLIVAN et BALL (1982) ont montré que sous un système de non labour, une diminution des rendements lors des premières années de production.

Selon HAMZA M.A. et ANDERSON W.K, (2005), L'agriculture intensive répartie partout dans le monde et impliquant des rotations de récolte plus courtes et l'utilisation des machines de plus en plus lourdes mènent à une augmentation de tassement de sols. L'ampleur du compactage des sols est estimée dans le monde entier à 68 millions de hectares de terre du seulement au trafic du matériel roulant. On estime que le tassement de sol est responsable de la dégradation d'une surface de 33 millions d'ha en l'Europe et environ 30% environ 4 millions d'ha de la ceinture de blé dans l'Australie occidentale. Des problèmes semblables liés au tassement de sol ont été signalés dans presque chaque continent.

Selon le même auteur, bien que les systèmes d'exploitation agricole se soient sensiblement améliorés pour faire face à de nouvelles pressions liées à l'agriculture intensive, la structure de beaucoup de sols autrement sains a été détériorée dans la mesure où les rendements de récolte ont été réduits.

Selon NEVE et HOFMAN, (2000) in HAMZA M.A. et ANDERSON W.K, (2005), la nature et l'ampleur de cette dégradation, qui peut être exagérée par le manque de matière organique, ont été identifiées dans le monde entier. Le tassement affecte également la minéralisation du carbone et de l'azote organiques des sols aussi bien que la concentration de l'anhydride carbonique dans le sol (CONLIN et DRIESSCHE, (2000), in HAMZA M.A. et ANDERSON W.K, (2005)).

Puisque le tassement de sol diminue principalement sa porosité, l'augmentation de la porosité est une manière claire de réduire ou d'éliminer le phénomène de tassement du sol. La gestion du tassement du sol, particulièrement dans des régions arides et semi-arides, peut être réalisé entre autres par l'application appropriée de certaines ou de toutes les techniques culturales suivantes :

- addition de matière organique par des amendements humiques ;
- le trafic des machines roulantes doit être maîtrisé, type de pneumatique, gonflage des roues des tracteurs et des machines agricoles ;
- choisir une rotation qui inclut des cultures avec des racines fortes, plantes sarclées, capables pénétrer et décomposer la structure des sols compacts.

Les techniques de gestion améliorées des sols sont essentielles en s'assurant que des conditions physiques des sols ne sont pas compromises et que des pratiques qui augmentent le contenu organique soient appliquées. Pour cela le choix de la technique de préparation du sol doit être réalisé en tenant compte des conditions naturelles de la région et de l'état initial des sols.

La problématique de la méthode conventionnelle ou des nouvelles techniques, comme le semis direct, doit être sérieusement posée en Algérie. Le travail présenté dans notre article est une introduction à cette problématique.

CARACTERISTIQUES DE LA PARCELLE D'ESSAIS

Les essais ont été réalisés sur la parcelle expérimentale de l'institut national agronomique. Les coordonnées géographiques de la parcelle sont les suivantes : 3°08' de longitude est, 36°43' de latitude nord. Elle se trouve à 24 m au dessus du niveau de la mer ; entre les isohyètes 600 mm et 700 mm. Elle appartient à l'étage bioclimatique sub-humide à hiver doux.

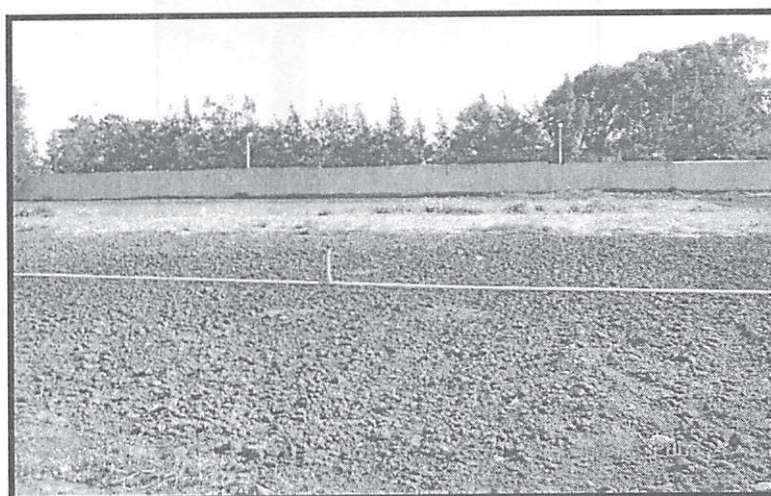


Figure 1 : Parcelle d'essais

La texture du sol est : argile 19,85 %, limon fin 18,65 %, limon grossier 15,32 %, sable fin 18,5 % et sable grossier 26,17 %, selon le triangle des textures, le sol où ont été réalisés les essais, est de texture équilibrée, dans notre cas le sol est limoneux, ces résultats ont été obtenu sur l'horizon 0-25 cm.

MATERIELS ET METHODE

La chaîne classique utilisée pour la réalisation des opérations de travail du sol est composée respectivement : d'une charrue bisoc, d'un Cover crop 7/14 et d'un cultivateur à dents. Le tracteur utilisé est un deux roues motrices de puissance 68 CV.

Pour la détermination de l'humidité, de la densité réelle et de la densité apparente, un cylindre de $166,81 \text{ cm}^3$ a été utilisé. Pour la mesure de la résistance pénétrométrique, un pénétromètre mécanique simple est utilisé, la surface projetée du cône est de $1,766 \text{ cm}^2$ (fig. 2).

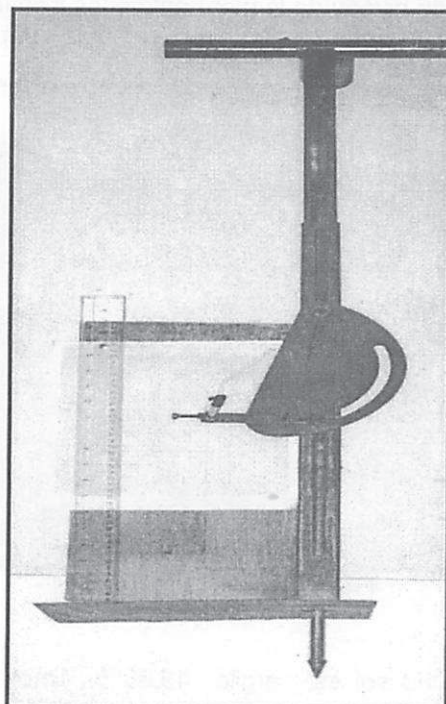


Figure 2 : Pénétrromètre

METHODOLOGIE

Les mesures des trois paramètres étudiés, à savoir l'humidité, la porosité et la résistance pénétrométrique ont été réalisées respectivement avant et après les passages de la charrue à soc, du Cover crop et du cultivateur à dents sur une parcelle d'un hectare.

Pour chacun des paramètres trois séries de 10 valeurs ont été effectuées, ce qui fait 120 valeurs pour chaque paramètre pendant l'itinéraire technique.

L'étude a porté sur les valeurs moyennes.

La masse volumique réelle (ρ_s) et La masse volumique sèche (ρ_d) du sol sont déterminée avec la méthode classique à l'aide des

relations : $\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$ et $\rho_d = \frac{M_s}{V_t}$. La porosité totale $n = (1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}) \%$.

La valeur de la masse volumique réelle est de : 2,45 g/cm³.

RESULTATS ET ANALYSE

1. TENEUR EN EAU DU SOL

Les résultats de la variation de la teneur en eau du sol sont mentionnés sur le tableau 1. De façon générale, les différents passages des outils aratoires par leurs actions ont un effet sur la teneur en eau dans le sol, donc sur la conservation de l'eau dans le sol. Les résultats montrent que le labour permet une augmentation de la teneur en eau au niveau du premier horizon. Nous constatons aussi que l'humidité du sol diminue légèrement après le passage du covercrop et du cultivateur à dents.

Tableau1 : variation de l'humidité du sol

Profondeur (cm)	Avant labour	Après labour	Après cover crop	Après cultivateur
p1 (0-10cm)	9.8	17.27	12.15	8.16
p2 (10-20cm)	13.42	16.37	14.95	12.42
p3 (20-26cm)	12.85	15.49	13.22	12.45

2. POROSITE DU SOL

Les résultats montrent que la porosité augmente fortement après le labour et légèrement après les passages du covercrop et du cultivateur à dents (fig. 3).

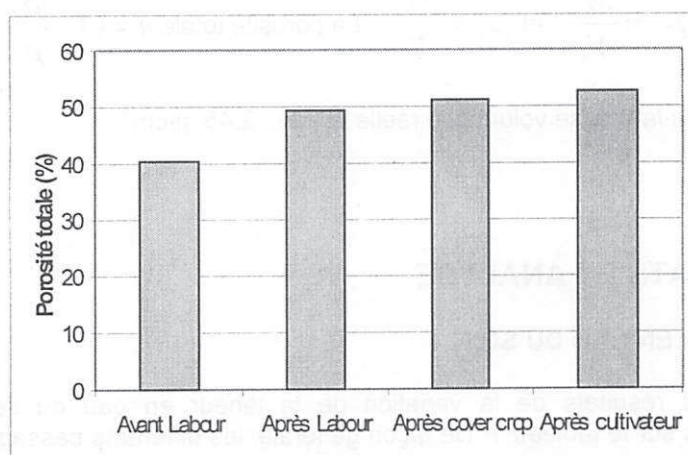


Figure 3 : Evolution de la porosité totale

3. RESISTANCE PENETROMETRIQUE DU SOL

Les premières observations sur l'évolution de la résistance pénétrométrique du sol en relation avec la profondeur sont mentionnées sur le tableau 2 et la figure 4.

Tableau 2 : Résistance pénétrométrique en relation avec la profondeur

Profondeur (cm)	Avant Labour	Après Labour	Après Cover Crop	Après Cultivateur
0	0	0.57	0	0
2	0.1	1.58	1.32	0.39
4	5.58	2.28	2.46	1.39
6	9.2	3.23	3.9	1.85
8	9.34	3.68	5.38	3.35
10	9.3	4.1	6.47	4.49
12	9.3	4.27	7.05	5.94
14	9.2	4.19	7.43	8.05
16	9.16	4.33	7.55	9
18	8.9	4.61	7.83	9.15
20	3.34	5.01	8.02	9.14
22	2.74	5.47	8.5	9.68
24	2.44	5.9	7.99	9.45

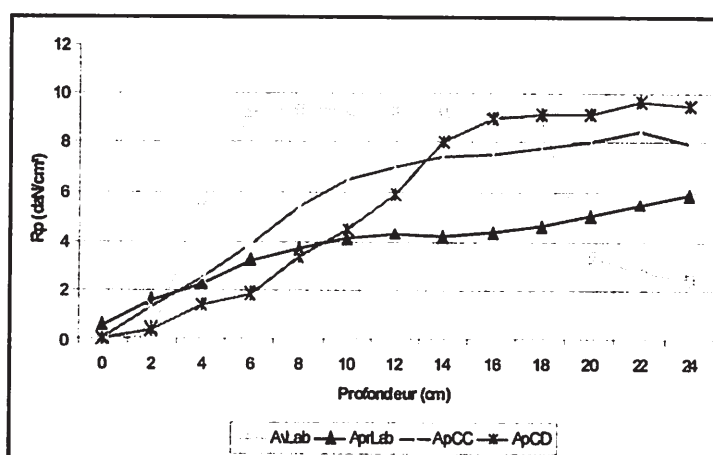


Figure 4 : Evolution de Rp en relation avec la profondeur

Cette figure montre clairement l'effet du passage des différents outils aratoires sur la résistance pénétrométrique du sol. Nous remarquons qu'à partir de la profondeur de 18 cm, la résistance pénétrométrique devient plus importante après le passage des outils aratoires, ce qui est certainement dû aux différents passages du tracteur utilisé. Cette figure 4 montre que la semelle de labour se situe à une profondeur supérieure à 21 cm. Pour plus de précision, une analyse de l'évolution de la résistance pénétrométrique à différents horizons est réalisée et donne les résultats suivants (tableau 3 et figure 5):

Tableau 3 : Evolution de la résistance pénétrométrique moyenne (daN/cm²)

Profondeur (cm)	Avant labour	Après labour	Après cover crop	Après cultivateur
0-10 (cm)	10.49	4.63	6.22	3.85
10-20 (cm)	13.97	6.5	11.75	12.95
20-26 (cm)	7.5	8.05	12.34	14.47

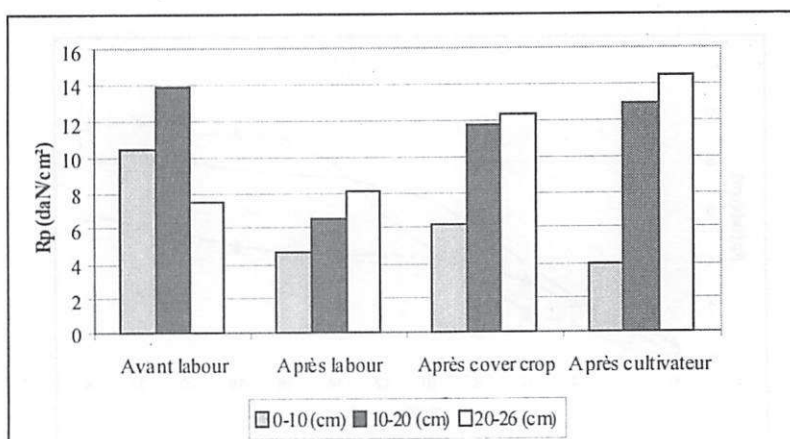


Figure 5 : Evolution de la résistance pénétrométrique en relation avec la profondeur et l'outil utilisé

Cette figure montre que la résistance pénétrométrique du sol est modifiée par l'outil aratoire utilisé. Nous constatons qu'après passage des outils aratoires, la résistance pénétrométrique du sol :

- diminue fortement après le labour, remonte légèrement après le covercrop et diminue encore après le passage du cultivateur à dents et ce pour le premier horizon (0-10 cm),
- pour le deuxième horizon compris entre 10 et 20 cm, les valeurs de la résistance pénétrométrique sont plus importantes et suivent la même évolution sauf qu'après le passage du cultivateur à dents la valeur de R_p augmente légèrement, elle passe de 11,75 à 12,95 daN/cm².
- pour ce qui est du troisième horizon, la valeur de la résistance pénétrométrique est plus faible avant le labour, elle n'est que de 7,5 daN/cm², puis augmente progressivement pour atteindre une valeur de 14,47 daN/cm². Ce qui est justifié par les nombreux passages du tracteur.

4. RELATION RESISTANCE PENETROMETRIQUE DU SOL AVEC SA POROSITE ET SA TENEUR EN EAU

L'analyse statistique de l'évolution de la résistance pénétrométrique en fonction de la porosité totale (n) et la teneur en eau (w) du sol a donné les résultats suivants :

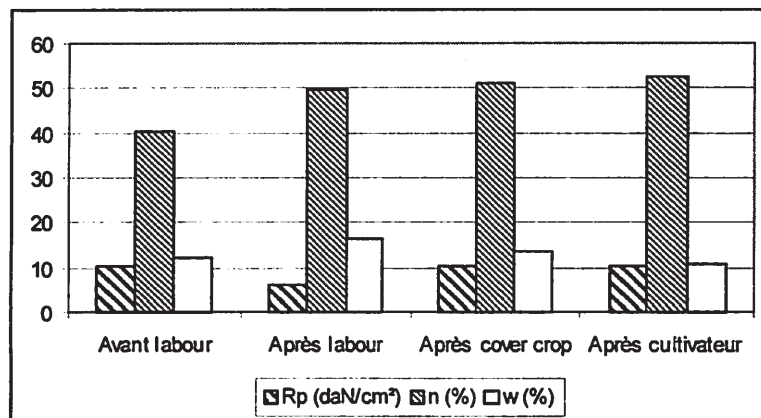


Figure 6 : Evolution comparée de R_p , de n et de w avant et après passage des outils aratoires

L'analyse par régression multiple, mettant en relation la variable dépendante Rp avec les variables indépendantes w et n, a donné la relation suivante :

$$Rp \text{ (daN/cm}^2\text{)} = 21,86 - 0,793 w - 0,041 n$$

avec $R^2 = 0,876$

Cette relation montre que la teneur en eau a plus d'effet que la porosité sur la valeur de la résistance pénétrométrique. Pour mettre en évidence cet effet une quantification de l'effet de la l'humidité du sol sur la résistance pénétrométrique a été réalisée.

La régression polynomiale du second ordre donnant la relation entre la résistance pénétrométrique (Rp) et la teneur en eau dans le sol (w) a permis l'obtention du modèle ci-dessous :

$$Rp = - 19,763 + 5,096.w - 0,213. w^2$$

Tenant compte de la valeur de $p = 0,013$ inférieure à 0,05 dans le tableau de l'analyse de la variance, le modèle établi montre que la relation entre Rp et w est fortement significative à un niveau de confiance de 95 %.

Le coefficient de détermination $R^2 = 0,9998$ montre que le modèle est expliqué à 99,98 %. Nous en concluons donc que la résistance pénétrométrique est fortement influencée par la teneur en eau dans le sol. D'où l'importance de choisir correctement le moment d'intervention avec les pièces travaillantes. La résistance pénétrométrique commence à diminuer à partir de la teneur en eau $w = 12\%$. Cette relation est illustrée par la figure suivante :

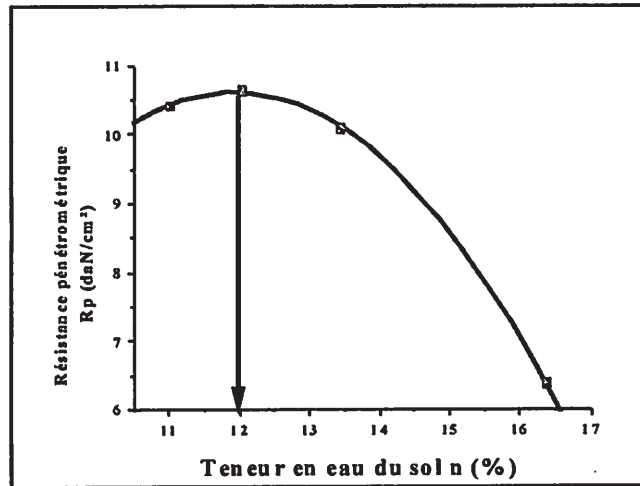


Figure 7 : Relation Résistance pénétrométrique Rp avec la teneur en eau w

CONCLUSIONS

Ce travail montre clairement l'effet des opérations de travail du sol, sur l'évolution de la résistance pénétrométrique du sol de la porosité et de l'humidité du sol. Les résultats obtenus confirment aussi l'effet de la teneur en eau du sol sur le comportement physique et mécanique du sol sous l'action des différents outils aratoires utilisés.

Les techniques de préparation du sol modifient nettement le comportement du sol vis-à-vis de la conservation de l'eau, de la porosité et particulièrement sur sa résistance pénétrométrique. Le choix des outils aratoires a donc un effet certain sur le développement des racines.

La résistance pénétrométrique est une donnée utile pour évaluer la force de résistance qu'opposera le sol. Il est cependant nécessaire de rappeler que ce paramètre est très influencé par la teneur en eau du sol. Une étude précise relative à l'effet des pneumatiques sur la compaction et sur la résistance pénétrométrique est nécessaire pour évaluer correctement la part de l'effet des outils aratoires.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CASSEL, D.K., 1982.-** Tillage effects on soil bulk density and mechanical impedance. In: Unger, P.W., Van Doren, D.M., Whisler, F.D., Skidmore, E.L. (Eds.), Tillage Effects on Soil Physical Properties and Processes. Special Publication No. 44. ASA, pp. 45–67
- FRANCIS, G.S., CAMERON, K.C., SWIFT, R.S., 1987.-** Soil physical conditions after six years of direct drilling or conventional cultivation on a silt loam soil in New Zealand. Aust. J. Soil Res. 25, 517–529.
- HILL, R.L., 1990.-** Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 54, 161–166.
- HODGSON, D.R., KIPPS, N.A., BRAIM, M.A., 1989.-** Direct drilling compared with plowing for winter wheat grown continuously and the effects of subsoiling. Soil Use Manage. 5, 189–194.
- LAL, R., LOGAN, T.J., FAUSEY, N.R., 1989.-** Long-term tillage and wheel traffic effects on a poorly drained Mollic Ochaqualf in northwest Ohio. 1. Soil physical properties, root distribution and grain yield of corn and soybean. Soil Till. Res. 14, 341–358.
- HASHEMI-DEZFULI, A., HERBERT, S.J., 1996.-** Corn grain yield responses to tillage systems and plant densities. Iran Agric. Res. 15, 19–31.
- HAMZA M.A. AND ANDERSON W.K., 2005.-** Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. Soil and Tillage Research, 82 (2), p. 121-145.
- O'SULLIVAN, M.F., BALL, B.C., 1982.-** Spring barley growth, grain quality and soil physical conditions in cultivation experiment on a sandy loam in Scotland. Soil Till. Res. 2, 359–378.