

Influence de la forme de deux corps de charrue sur les indices qualitatifs des labours

Amara M.

Institut National Agronomique – El Harrach – Alger

Amara M. , 1995 – Influence de la forme de deux corps de charrue sur les indices qualitatifs des labours. Ann. Agron. I.N.A., Vol.16, N° 1 et 2 , pp.1 – 20

Résumé : Une analyse de la forme des versoirs de corps de charrue fabriqués en Algérie peut non seulement les comparer du point de vue construction, mais aussi d'examiner les influences respectives sur les indices qualitatifs prenant en compte l'effet de la vitesse de travail. L'article traite de la mise en évidence des principales caractéristiques de construction d'un corps de charrue à soc, de la projection des formes de versoirs étudiés en vue d'analyser la variation des angles des diverses parties, et des essais en champs pour comparer l'influence des formes de versoirs sur des indices qualitatifs de labour.

Mots Clés : Versoir, Charrue, Labour, Formes.

Influence of the mouldboard shape of the furrow plough on the ploughing soil.

Abstract : An analysis of mouldboard shape of the furrow plough wich manufactured in Algéria can be comparated throught the geometricale characteristics and their influence on the ploughing soil. That's the objectif of this paper wich is composed by three parts : determination of the principales characteristics of the mouldboard manufactured in Algeria, analyse of the geometrical characteristics variations throught the projetions of the mouldboards, an experimentale study on the land to compare the actions influences of the two mouldboards on the plughing characteristics.

Keys word : mouldboard plough, plughing, shape

INTRODUCTION

Après une saison de culture, le sol peut se trouver dégradé à la suite des nombreux passages des différentes machines agricoles. A partir de cet état caractérisé par un tassement donné, un profil cultural doit être reconstitué pour la mise en place d'une nouvelle culture. C'est l'un des premiers objectifs des opérations de préparation du sol. Pour cela, un choix approprié de la forme des pièces travaillantes et des conditions de travail s'avère indispensable.

De nombreux chercheurs ont abordé cette question et ont orienté leurs expériences sur des milieux artificiels ou remaniés de façon à écarter autant que possible la variabilité des caractéristiques physico-mécaniques des sols. Ils se sont limités à la relation forme de l'outil et effort de résistance à la traction.

La relation entre forme de versoir et indices qualitatifs de labour a cependant été abordée de façon très théorique par FAURE (1968) et de façon plus pratique par COULOMB (1991). Le premier cité s'est plus intéressé à la forme du versoir, le second sur les conséquences de l'action des corps de charrues sur le sol à partir d'un état initial donné. Les formes complexes et variables des surfaces actives des corps de charrues à socs ont poussé les chercheurs à utiliser des formes plus simples et à proposer des modèles mathématiques pour les contraintes exercées sur le sol. Nous citerons à cet effet les travaux de O'CALLAGHAN et Mc COY (1965) qui ont tenu compte de la forme particulière du versoir en calculant les accélérations et les forces exercées par cet outil sur le sol.

Le but du présent travail est d'étudier l'influence de la forme de deux corps de charrue sur les indices qualitatifs des labours

1. ANALYSE DE LA FORME DES VERSOIRS

1.1. Matériel et méthode

1.1.1. Matériel

De part leur grande utilisation en Algérie les deux corps de charrues retenus dans ce travail sont :

- Le corps de charrue fabriqué par l'entreprise nationale de production de matériel agricole (E.N.P.M.A.).
- Celui fabriqué par l'ex-société algérienne de construction pour la révolution agraire (S.A.C.R.A.).

Les principales caractéristiques de ces deux corps de charrue sont consignées dans le tableau I.

Tableau I. Paramètres caractéristiques des deux corps de charrue.

| Corps de charrue | ENPMA | SACRA |
|------------------------------------|----------|---------------|
| - forme du soc | Carrelet | bec de canard |
| - hauteur du corps h (mm) | 440 | 425 |
| - longueur projetée l (mm) | 940 | 740 |
| - largeur b (mm) | 350 | 310 |
| - angle d'entrure α (°) | 29 | 17 |
| - angle d'attaque γ (°) | 38 | 39 |
| - angle d'inclinaison θ (°) | 35 | 33 |
| - angle de monté de la terre | 40 | 48 |

Les deux formes de corps de charrue présentent donc des différences sensibles.

1.1.2. Méthodes

Pour caractériser la forme des versoirs il est adopté la méthode des projections des corps de charrue dans les trois plans de travail (Fig. 1) à partir desquels sont délimités les trois angles caractéristiques :

- angle d'entrure (α) défini dans le plan P2.
- angle d'attaque ou de déplacement latéral de la bande de terre (t), défini dans le plan P1.
- angle d'inclinaison ou angle de courbure du versoir (Q) défini dans le plan P1 et le plan tangent à la courbe directrice en chaque point mesuré.

La mesure de ces angles est faite sur les projections des corps de charrue à l'aide d'un profilographe réalisé au laboratoire de Mécanismes du Département de Génie Rural (Fig. 2 et 3).

1.2. Résultats

Les valeurs des différents angles mesurés sont reprises dans les tableaux ci-dessous. Les angles α , γ , et θ sont affectés des indices b pour le corps de charrue fabriqué par l'E.N.P.M.A. et s pour celui fabriqué par S.A.C.R.A.

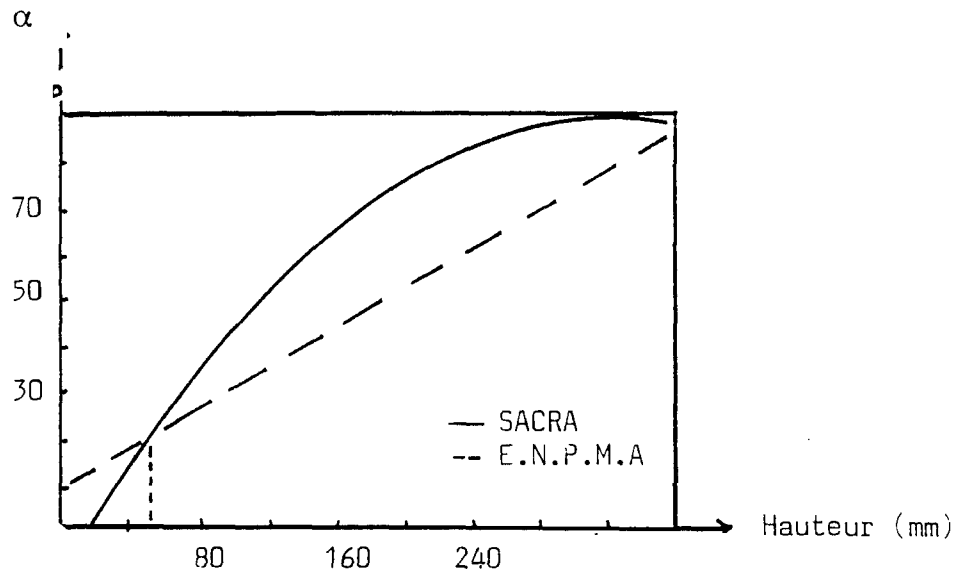


Figure 1. Relation entre l'angle d'entrure et la hauteur (24 cm de la pointe du soc)

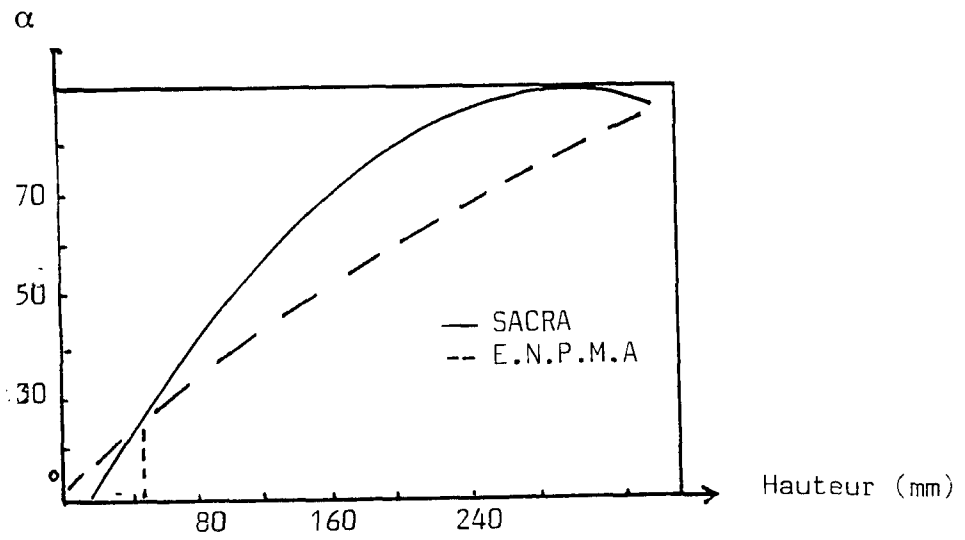


Figure 2. Relation entre l'angle d'entrure et la hauteur (32 cm de la pointe du soc)

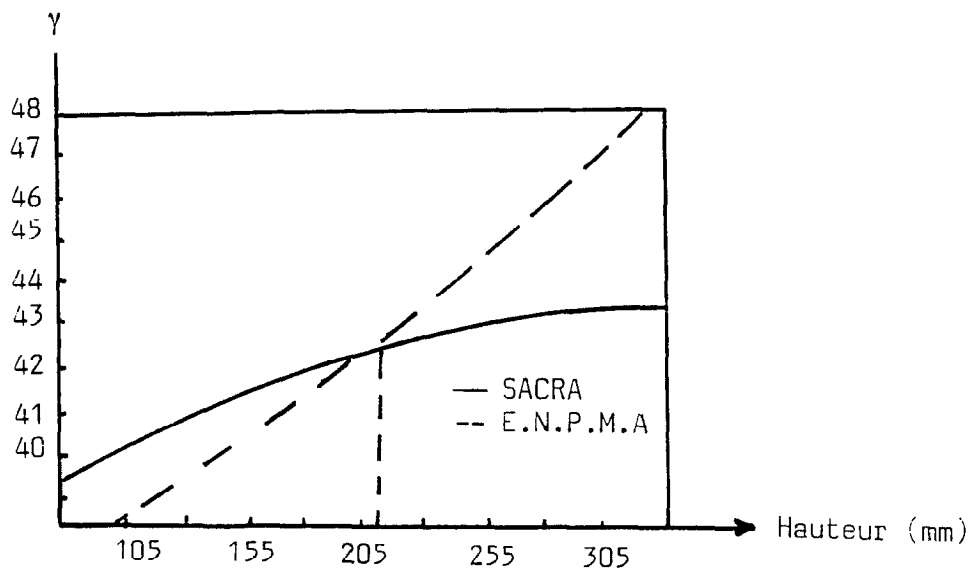


Figure 3. Relation entre l'angle d'attaque et la hauteur aux 2/3 de la longueur du corps de charrue à partir de la pointe du soc.

Tableau II. Variation de α en différents lieux sur la hauteur h du versoir.

| h (mm) | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 | 240 | 280 | 320 | 360 |
|------------|------|----|------|-----|------|------|------|------|-----|
| α_b | 29 | 30 | 39 | 45 | 57,5 | 68,5 | 76,5 | 80 | 83 |
| α_s | 17,5 | 47 | 52,5 | 68 | 75,5 | 85 | 86 | 88,5 | 90 |

que les courbes ont une allure parabolique, cela a orienté l'ajustement à des équations polynomiales du type $Y = A + Bx + Cx^2$ ou Y représente l'angle considéré et x la hauteur ou la longueur en utilisant les régressions paraboliques dont les coefficients de détermination R^2 sont compris entre 0,91 et 0,99.

Les équations obtenues ont permis de tracer des courbes démontrant la variation des différents angles au niveau des deux versoirs (Fig. 1 à 6). Ces équations sont représentées dans les tableaux suivants.

tableau VI. Variations des angles α , γ , θ , en fonction de la hauteur h.

| ANGLES | EQUATIONS | R^2 |
|--------------------------------|---|-------|
| α (°) | $\alpha_b = 15,86 + 0,22h - 6,5.10^{-5} h^2$ | 0,97 |
| entrure | $\alpha_s = 1,23 + 0,55h - 8,5.10^{-5} h^2$ | 0,98 |
| γ (°) | $\gamma_b = 37 + 0,014h + 6,08.10^{-5} h^2$ | 0,95 |
| attaque | $\gamma_s = 37,02 + 0,04h - 5,09.10^{-5} h^2$ | 0,98 |
| θ (°) | $\theta_b = 13,90 + 0,04h - 3,2.10^{-5} h^2$ | 0,99 |
| inclinaison ou inflexion | $\theta_s = 6,76 + 0,53h - 8,2.10^{-4} h^2$ | 0,95 |

tableau VII. Variation des angles γ , et θ en fonction de la longueur l.

| ANGLES | EQUATIONS | R^2 |
|--------------|---|-------|
| γ (°) | $\gamma_b = 44,62 - 0,026 l + 8,23.10^{-5} h^2$ | 0,91 |
| attaque | $\gamma_s = 43,85$ | - |
| θ (°) | $\theta_b = 60 + 0,22 l + 6,77.10^{-5} h^2$ | 0,94 |
| inflexion | $\theta_s = 67$ | - |

1.3. Interprétation et discussion

- Angles d'entrure $\alpha = f(h)$

Les courbes obtenues montrent α_b augmente presque proportionnellement avec la hauteur, par contre α_s augmente rapidement jusqu'à la hauteur de 120mm ; et à partir de cette hauteur la variation de α devient plus faible. La valeur maximale de α_s se situe aux environs de h compris entre 280mm et 320mm pour les courbes considérées à 240mm et 320mm à partir de la pointe du soc (Fig. 1' , 2' et 3').

- Angles d'attaque $\gamma = f(h)$

Contrairement à l'angle d'entrure , l'angle d'attaque varie faiblement en fonction de la hauteur h . Les équations obtenues $\gamma_s = f(h)$ et $\gamma_b = f(h)$ sont sensiblement les mêmes. Cependant les coefficients du carré de la vitesse est affecté du signe négatif pour γ_b (Fig. 3). Pour les hauteurs inférieures à 205mm, les valeurs de γ_s sont supérieures à celles de γ_b ; au delà de 205mm la variation de γ_s est moins importante que celle de γ_b (Fig. 3).

- Angle d'attaque $\gamma = f(l)$

La valeur de l'angle d'attaque du versoir S.A.C.R.A., γ_s est constante et elle est de 43,85 degrés. Par contre γ_b varie nettement en passant par un minimum de 42,5 degrés à l'arrière du corps de charrue. Nous constatons qu'entre les longueurs 30mm et 282mm, γ_b est inférieur à γ_s (Fig. 5).

- Angles d'inclinaison du versoir $\theta = f(h)$

Les courbes obtenues mettent en évidence la différence de courbure des deux surfaces actives des versoirs, le rayon de courbure du versoir S.A.C.R.A. est plus petit que celui du versoir fabriqué par l'E.N.P.M.A (Fig. 4).

Il serait également intéressant de signaler la hauteur du point d'inflexion des courbes, celle-ci est plus importante pour le versoir S.A.C.R.A. (189mm à partir du fond de raie) elle est de 160mm pour le corps E.N.P.M.A .

-Angle d'inclinaison $\theta = f(l)$

Pour le versoir S.A.C.R.A., cet angle est constant sa valeur est de 67 degrés, cela caractérise la forme cylindrique du versoir, par contre pour le versoir E.N.P.M.A. la variation de cet angle met en évidence sa tendance hélicoïdale (Fig. 6).

Conclusion

A travers ces résultats et discussions les deux corps de charrues à socs étudiés peuvent être classés comme suit :

- le corps S.A.C.R.A. est un versoir cylindrique à génératrices horizontales.
- le corps E.N.P.M.A. est un versoir à tendance cylindro- hélicoïdale à arrière plat.

2. Influence de la forme des versoirs sur les indices qualitatifs des labours

2.1. Objectifs

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence l'influence de la forme des versoirs étudiés en première partie sur les principaux indices qualitatifs des labours. Pour cela les indices choisis sont :

- Les indices qualitatifs :
 - indice d'irrégularité de la largeur de travail (Δb)
 - indice d'irrégularité de la profondeur de travail (Δa)
 - indice de recouvrement des résidus végétaux ($\Delta \delta$)
 - indice d'inclinaison de la bande de terre ($\Delta \omega$)
- Les indices physiques :
 - porosité (n)
 - foisonnement (I_f)
 - émiettement (I_o)

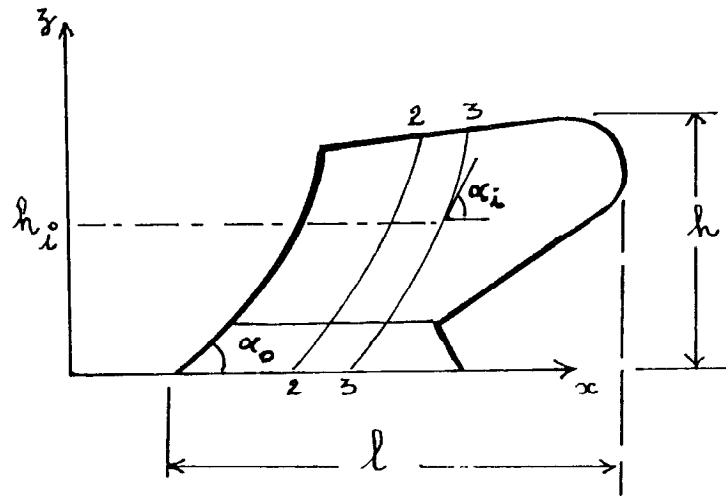
En plus de la forme des versoirs, l'influence de la vitesse de travail est également prise en considération.

2.2. Conditions de travail

Les travaux se sont déroulés sur une parcelle de la station expérimentale de l'Institut National Agronomique d'El Harrach.

Caractéristiques de la parcelle :

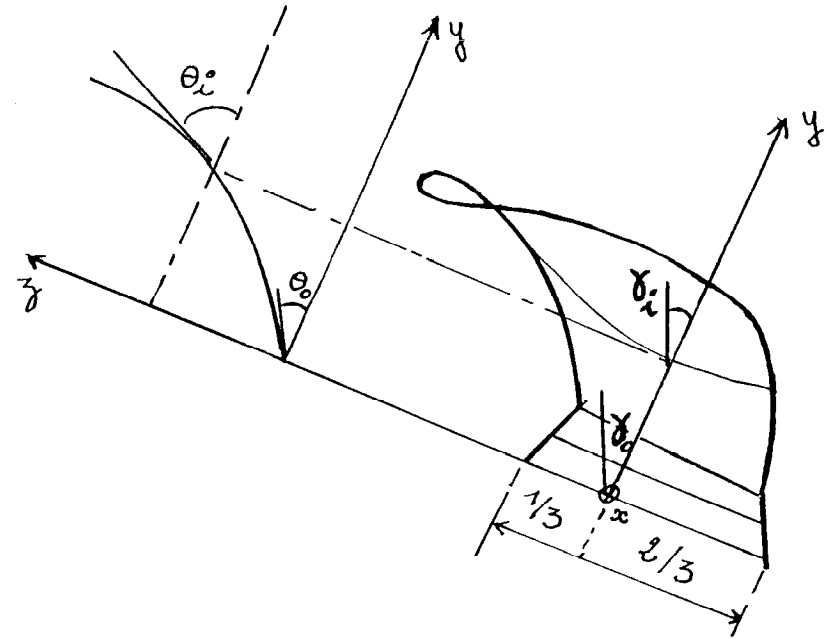
- précédent cultural : vesce-avoine
- texture : argile : 36% ; limon fin + limon grossier : 32,5% ; sable fin + sable grossier : 31%
- densité réelle : $\gamma_o = 2,32 \text{ (g/cm}^3\text{)}$
- densité apparente initiale : $\gamma_{do} = 1,29 \text{ (g/cm}^3\text{)}$
- porosité initiale $n = 44\%$
- humidité = 14,64%



- Mesure de l'angle α

α_0 = angle par construction au niveau du soc
(entrure)

α_i = angle de travail au niveau du versoir
(soulèvement de la terre)



- Mesure des angles γ et θ

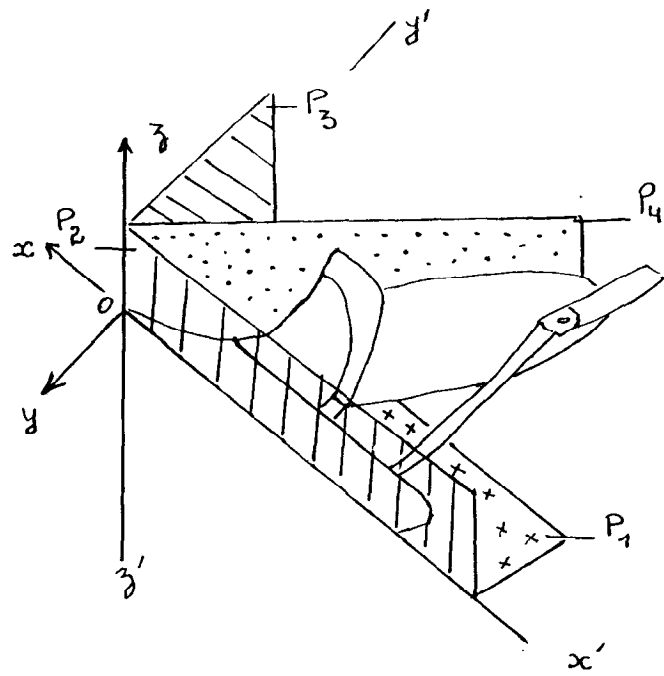
γ_0 = angle d'attaque au niveau du soc

θ_0 = angle d'inclinaison au niveau du soc

γ_i = angle de déplacement de la bande
de terre.

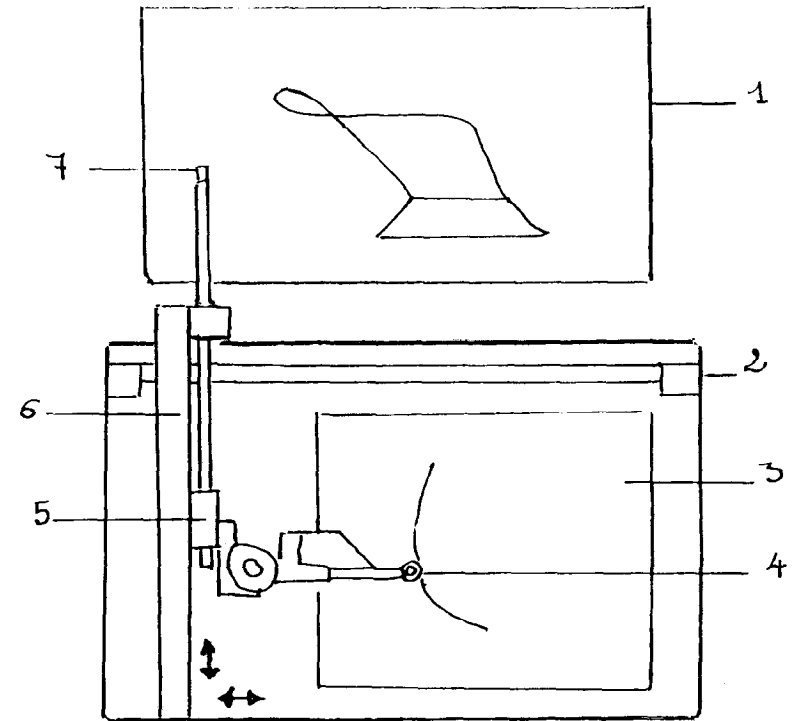
θ_i = angle de retournement de la bande de
terre.

Figure 1' . Mesure des angles α , γ , θ .



- P_1 - Plan horizontal (fond de raie)
- P_2 - Plan vertical longitudinal (muraille)
- P_3 - Plan vertical transversal (\perp à P_1 et P_2)
- P_4 - Plan vertical transversal oblique (de l'arête du soc).

Figure 2' . Plan de travail d'un corps de charrue.



- 1 - Support de corps de charrue
- 2 - Table du profilographe
- 3 - Feuille de projection
- 4 - Porte crayon
- 5-6 Curseurs
- 7 - Pointe de contact avec la surface du versoir.

Figure 3'. Profilographe

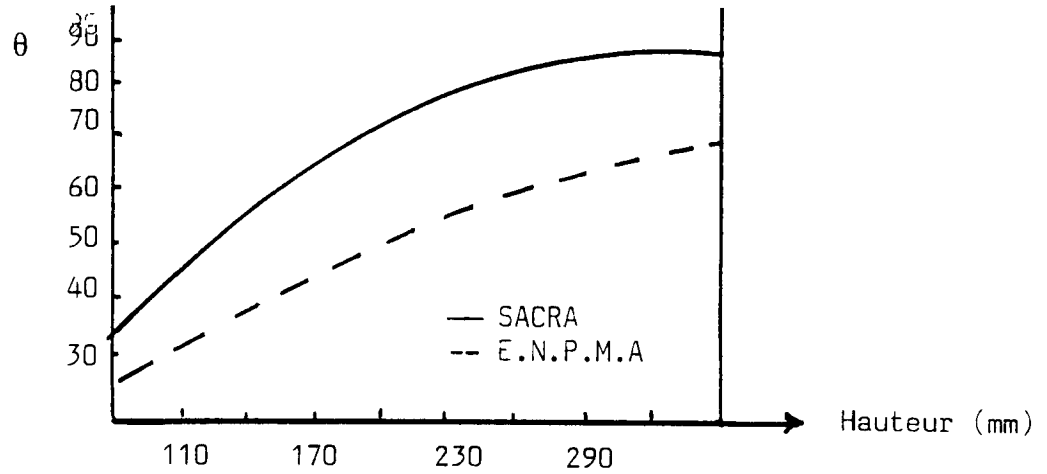


Figure 4. Relation entre l'angle d'inclinaison et la hauteur aux 2/3 de la longueur du corps de charrue à partir de la pointe du soc.

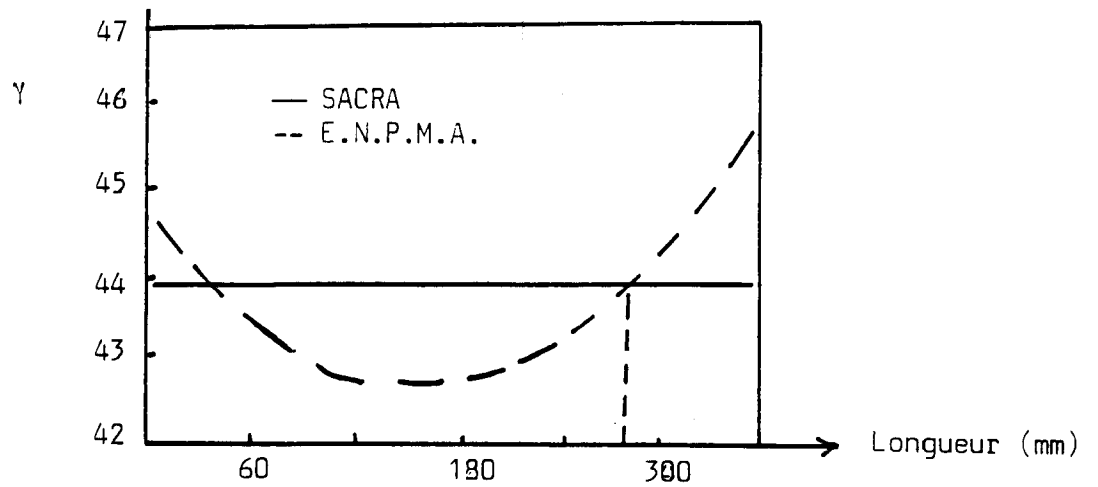


Figure 5. Relation entre l'angle d'attaque et la longueur.

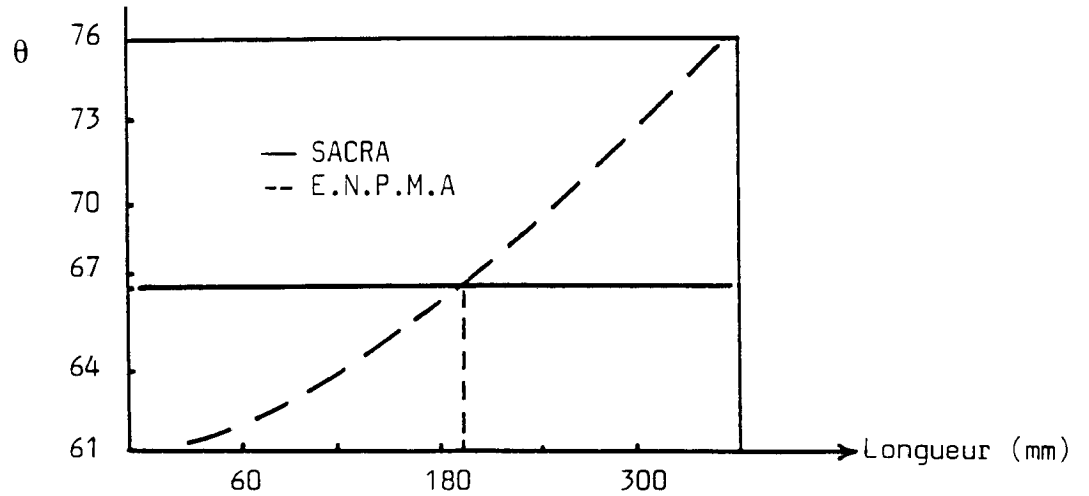


Figure 6. Relation entre l'angle d'inclinaison et la longueur.

Vitesse d'avancement :

Les vitesses choisies sont les deuxièmes et troisièmes des gammes K et L du tracteur Cirta c 6006 ayant une puissance de 60cv. Les valeurs de ces vitesses sont reproduites dans le tableau ci-dessous :

Tableau VII. Vitesses d'avancement retenues

| Gammes | K2 | K3 | L2 | L3 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|
| Vitesses m/s | 0,52 | 0,80 | 1,05 | 1,78 |
| (km/h) | (1,89) | (2,90) | (3,83) | (6,43) |

2.3. Méthodes

2.3.1. Parcellisation

Le schéma du dispositif expérimental est présenté dans le tableau suivant.

Tableau VIII. Schéma du dispositif expérimental

| K2 | K3 | L2 | L3 | K2 | K3 | L2 | L3 |
|---------------|------|------|------|---------------|-------|-------|-------|
| SK21 | SK31 | SL21 | SL31 | BBK21 | BBK31 | BBL21 | BBL31 |
| SK22 | SK32 | SL22 | SL32 | BBK22 | BBK32 | BBL22 | BBL32 |
| SK23 | SK33 | SL23 | SL33 | BBK23 | BBK33 | BBL23 | BBL33 |
| SK24 | SK34 | SL34 | SL34 | BBK24 | BBK34 | BBL24 | BBL34 |
| Versoir SACRA | | | | Versoir ENPMA | | | |

SK21 : Notation de l'échantillon (S pour SACRA, K2 pour la gamme ou rapport de la boîte à vitesse et 1 pour le numéro de l'échantillon).

BBK21 : Notation de l'échantillon (BB pour le corps de charrue fabriqué par ENPMA- Ben Badis, K2 la gamme ou rapport de la boîte à vitesse, et 1 le numéro de l'échantillon.

2.3.2. Méthode de détermination des indices

Les indices d'irrégularité de la profondeur, de la largeur de labour, de l'inclinaison de la bande de terre et du recouvrement des résidus végétaux ont été déterminés selon la relation suivante :

$$x = \frac{\alpha x}{x \text{ moy}} \cdot 100$$

$$\text{avec } x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x \text{ moy} - x_i)^2 \quad (\text{écart type})$$

Où n est le nombre de mesure et $x \text{ moy}$ la valeur moyenne des mesures, x_i la valeur observée.

Pour ce qui est des indices physiques, comme la porosité (n), l'émiettement (I_e) et le foisonnement (I_f) nous avons utilisé les relations :

$$\text{Porosité : } n = \left(1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}\right) \cdot 100$$

$$\begin{aligned} \text{avec } \gamma_d &= \text{densité apparente (g/cm}^3\text{)} \\ \gamma_s &= \text{densité réelle (g/cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

Foisonnement :

Le foisonnement est illustré par une augmentation de volume du sol avant et après le passage de l'outil aratoire, il est quantifié par le rapport de la densité apparente

du sol après labour sur la densité apparente initiale de celui-ci, sa valeur est donnée par la relation suivante :

$$I_f = \frac{\gamma_d}{\gamma_s} \cdot 100$$

Emiettement ou tailles des mottes :

Après passage des deux corps de charrues en différentes vitesses de travail, trois diapositives sont prises pour chaque vitesse formes de versoir (des mesures d'uniformité des prises de vues et de focalité ont été prises en considération).

Ces diapositives sont projetées sur une feuille de papier en respectant l'échelle réelle et le nombre de mottes est calculé par classes d'épaisseur (1 à 5cm, 5 à 10cm, 10 à 15cm, 15 à 20cm, 20 à 25cm et de 25 à 30cm).

Il faut remarquer que cette méthode est pratique car il n'y a pas de détérioration des mottes par manipulation. Elle permet de caractériser l'aspect de surface du sol labouré ce qui est un indice qualitatif important.

2.4. Résultats et discussions

2.4.1. Indices qualitatifs

A partir de ces résultats, il apparaît que la vitesse de labour et la forme du versoir ont une influence directe sur les indices qualitatifs du labour.

La largeur de travail est beaucoup plus régulière avec le versoir SACRA notamment aux grandes vitesses d'avancement.

Tableau IX. Indice d'irrégularité de la largeur de travail Δb

| Corps de charrue | | Vitesses (m/s) | | | |
|------------------|--------------|----------------|------|------|------|
| | | 0,52 | 0,80 | 1,05 | 1,78 |
| ENPMA | Δb_b | 12,59 | 8,92 | 6,85 | 4,38 |
| SACRA | Δb_s | 5,38 | 3,53 | 4,30 | 3,70 |

Tableau X. Indice d'irrégularité de la profondeur de labour Δa

| Corps de charrue | | Vitesses (m/s) | | | |
|------------------|--------------|----------------|------|-------|-------|
| | | 0,52 | 0,80 | 1,05 | 1,78 |
| ENPMA | Δa_b | 7,70 | 9,93 | 14,17 | 12,22 |
| SACRA | Δa_s | 8,22 | 7,92 | 7,52 | 13,88 |

Tableau XI. Indice d'irrégularité de l'inclinaison de la bande de terre $\Delta \delta$
et de l'enfouissement des résidus végétaux $\Delta \omega$

| Corps de charrue | | Vitesses (m/s) | | | |
|------------------|-------------------|----------------|-------|------|------|
| | | 0,52 | 0,80 | 1,05 | 1,78 |
| ENPMA | $\Delta \delta_b$ | 3,39 | 7,08 | 5,79 | 6,48 |
| | $\Delta \omega_b$ | 7,16 | 5,58 | 4,19 | 2,11 |
| SACRA | $\Delta \delta_s$ | 3,69 | 6,46 | 5,99 | 7,38 |
| | $\Delta \omega_s$ | 13,61 | 10,78 | 8,73 | 5,73 |

Pour ce qui est de la profondeur de travail, l'augmentation de la vitesse entraîne une irrégularité plus marquée de cette profondeur notamment aux faibles vitesses et plus particulièrement pour le versoir ENPMA. Par contra l'utilisation du versoir SACRA permet le maintient de la profondeur fixée initialement à 25 centimètres.

La meilleure inclinaison de la bande de terre et donc du recouvrement des résidus végétaux enfouis est obtenue avec la forme du versoir fabriqué par l'ENPMA.

2.4.2. Indices physiques

- Porosité :

Il est à noter à travers ces résultats que la porosité ne subit pas une influence bien définie en relation avec la vitesse. La meilleure porosité est obtenue avec la vitesse 0,80 m/s et les porosités sont plus élevées quant le labour est effectué avec le versoir ENPMA et ce pour toutes les vitesses (tabl.XII).

Tableau XII. Les valeurs de la porosité (n)

| Corps de charrue | Vitesses (m/s) | | | |
|------------------|----------------|------|------|------|
| | 0,52 | 0,80 | 1,05 | 1,78 |
| ENPMA | 62,4 | 67,1 | 65,3 | 64,5 |
| SACRA | 62,0 | 64,9 | 64,8 | 63,8 |

- Indice de foisonnement :

L'indice de foisonnement caractérisant que le fait le sol soit éclaté a une influence sur la taille des mottes plus celui-ci est élevé plus la taille des mottes est grande.

D'une manière générale, cet indice est plus élevé pour le corps de charrue SACRA et cela pour toutes les vitesses ; ceci s'explique par le fait que le soc de ce corps est plus affûté et que son angle d'attaque et son angle d'entrure sont plus élevés (tabl. XIII).

Tableau XIII. Les valeurs de l'indice de foisonnement I_f

| Corps de charrue | Vitesses (m/s) | | | |
|------------------|----------------|------|------|------|
| | 0,52 | 0,80 | 1,05 | 1,78 |
| ENPMA | 67,5 | 59,2 | 62,6 | 64 |
| SACRA | 68,5 | 63,3 | 63,4 | 65,3 |

- Émiettement ou taille des mottes :

L'évolution du nombre de mottes en fonction de leurs tailles d'une part et de la vitesse d'autre part pour chacun des corps est représentée en histogramme (Fig. 7 et 8) . Il est à remarquer que, d'une manière générale que l'augmentation de la vitesse contribue à un meilleur émiettement, notamment pour le versoir SACRA.

CONCLUSION

Les résultats obtenus permettent de mettre en évidence l'influence de la forme d'un versoir sur les indices qualitatifs et physiques des labours.

En effet, le corps de charrue SACRA permet un meilleur émiettement notamment avec l'augmentation de la vitesse ceci est expliqué par la forme cylindrique du versoir.

Pour ce qui est du retournement de la bande de terre donc de l'enfouissement des résidus végétaux, paramètre important du labour, ils s'avèrent meilleur avec le corps de charrue fabriqué par l'ENPMA. Néanmoins une courbure plus accentuée de la partie arrière du versoir pourrait améliorer encore plus ces deux paramètres.

Ces constatations sont bien évidemment à classer par ordre de priorité donc suivant l'importance donnée à chaque objectif recherché lors du labour.

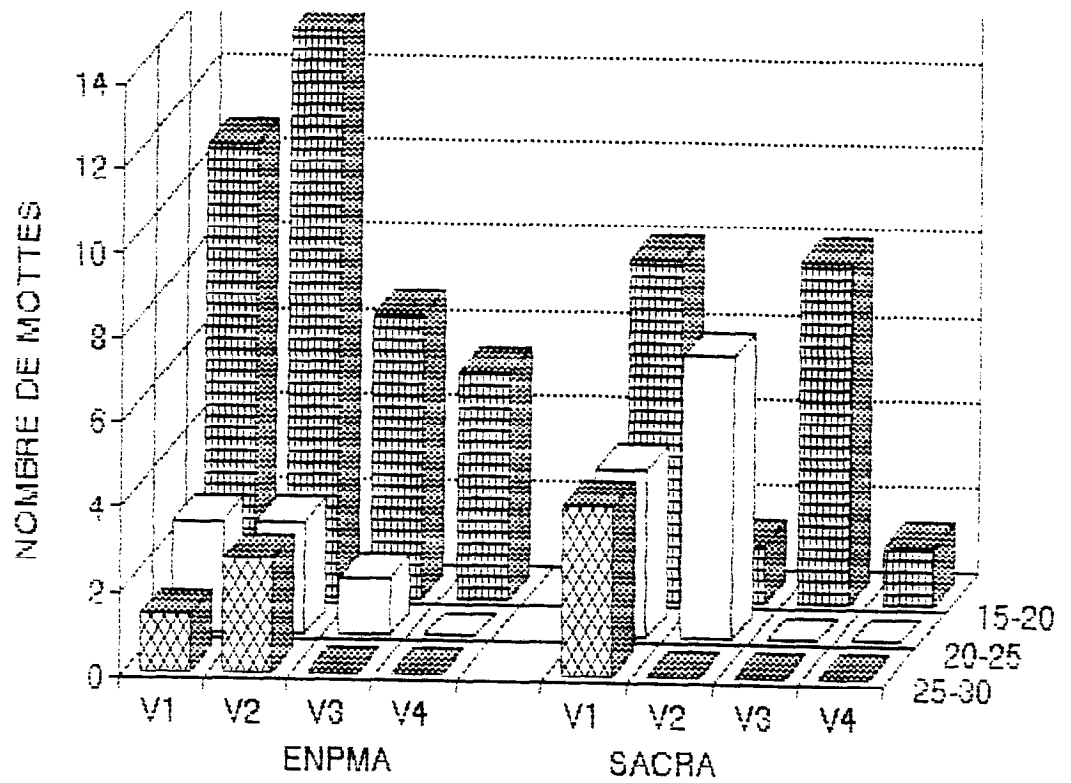


Figure 7. Nombre de mottes par taille/corps en fonction de la vitesse.

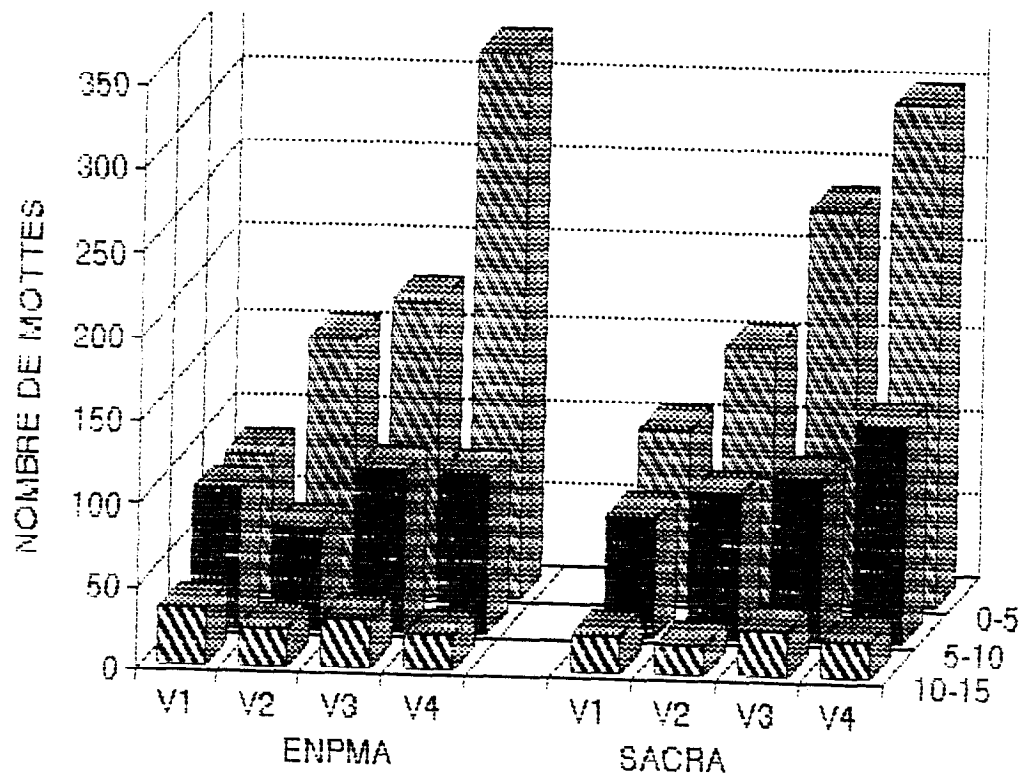


Figure 8. Nombre de mottes par taille/corps en fonction de la vitesse.

Références

AMARA M. -1983 - Influence des principaux paramètres constructifs de deux corps de charrues à socs et de la vitesse de travail sur les indices qualitatifs des labours.
Thèse de Magister - I.N.A - Alger, 122p

FAURE A. -1968 - Contribution à l'étude de l'action d'un versoir sur l'état du sol.
Etude de la géométrie des versoirs (Français). Thèse de 3^{ème} cycle - INRA - France, 119p

KHOROCHILOV A.D. -1949 - Les corps de charrue. edit. Moscou .

O'CLLAGHAN J.R. et MAC COY J.B. -1963 - Actions exercées sur le sol par les versoirs de charrue. J. Agric. Eng. Research N° 10, 23-35.

SINEOKOV G.N. et PANOY I.M. - 1977 - Théorie et calcul du matériel de travail du sol. Edit . Mir, Moscou,