

"SYSTEMES DE CULTURE" EXPERIMENTES DANS LE NORDESTE DU BRESIL

Thierry DURET
Ingénieur Agronome
(VSN CEEMAT - CPATSA,
1985)

Vincent BARON
Ingénieur Agronome
(CEEMAT, consultant de la convention
EMBRAPA/EMBRATER/CIRAT-CEEMAT)

José BARBOSA DOS ANJOS
Responsable du Secteur
"Mécanisation Agricole"
au CPATSA

Les contraintes rencontrées par les paysans du Nordeste brésilien ne sont pas exceptionnelles, elles existent dans de nombreuses autres régions.

L'expérimentation conduite pendant une campagne pour comparer 6 "systèmes de culture", en traction animale, mérite à notre avis d'être connue, même s'il n'est pas encore possible, faute de résultats suffisants, d'en tirer des conclusions définitives. La démarche utilisée, prenant en compte le rendement final, mais aussi les aspects "temps de travaux" et "valorisation des pluies", est très intéressante, d'autant plus qu'elle associe étroitement la technique culturale aux matériels utilisés, ceux-ci étant parfois indispensables à la mise en oeuvre d'une technique (cas du cloisonneur de sillons). Nous verrons que le cloisonnement des sillons, souvent appelé "tie-ridging", donne de bons résultats, mais il est très exigeant en main-d'oeuvre à un moment où celle-ci est rarement disponible, la mécanisation de cette opération est donc nécessaire. Cette situation est rencontrée ailleurs, notamment en Afrique de l'Ouest-Burkina Faso par exemple - où l'intérêt de la technique a été démontré, mais sa vulgarisation en milieu paysan n'est pas facile. Dans tous les cas les matériels doivent rester à la portée des paysans (simplicité et bas prix).

C'est avec plaisir que nous publions cet article rédigé par Thierry DURET, Ingénieur Agronome spécialiste des Sciences du Sol, qui a passé 14 mois sur le terrain en tant que Coopérant "VSN", dans le cadre de la Convention EMBRAPA-EMBRATER-CEEMAT (Brésil).

Ce travail est un travail d'équipe auquel est étroitement associé le CPATSA, et en particulier José BARBOSA DOS ANJOS, responsable du Secteur "mécanisation agricole", qui collabore efficacement avec les Ingénieurs du CEEMAT, Vincent BARON et Serge BERTAUX.

NDLR

1 - INTRODUCTION

En zone semi-aride brésilienne, l'agriculture pluviale de subsistance doit être intensifiée afin de pallier les graves problèmes sociaux qu'affronte cette région. Cette augmentation de la production agricole passe, entre autres choses, par une mécanisation adaptée des systèmes de production utilisés ou susceptibles d'être introduits, comme on a déjà pu le remarquer dans d'autres régions semi-arides (Johnston, 1979). Dans le cas des petits et moyens producteurs nordestins, une des alternatives les plus adéquates serait l'intensification de l'utilisation de la traction animale, qui est une option énergétique valable pour la petite agriculture ainsi que cela fut reconnu lors de la conférence des Nations-Unies, en 1981, à Nairobi (Kenya). Elle permet, par exemple, de multiplier la productivité de la main-d'oeuvre par dix lors des travaux de sarclage. De plus cette ressource est largement sous-employée dans le Nordeste pour des raisons d'absence de tradition et de manque de matériel agricole adapté, ce qui permet d'espérer une augmentation rapide de son utilisation (REIS, 1983).

Sur cette base là fut donc signé un accord de coopération entre le CEEMAT (Centre d'Etudes et d'Expérimentation du Machinisme Agricole Tropical - France), l'EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária = Recherche) et l'EMBRATER (Empresa Brasileira para a Exten-

sao Rural = Vulgarisation) afin de promouvoir le développement de la culture attelée dans le Nordeste Brésilien, notamment par l'introduction de la ligne MOUZON-NOLLE qui avait déjà fait ses preuves en Afrique. Mais comme l'avaient signalé MM. CHEZE et GROOS (CEEMAT) lors de leur mission d'étude en 1978, on ne peut se permettre d'introduire un matériel nouveau sans proposer par ailleurs, des techniques culturales permettant de valoriser au mieux ce matériel.

Dans les conditions du tropique semi-aride brésilien, cela signifie proposer, conjointement à une ligne de matériels, des "systèmes de cultures" (1) présentant diverses qualités. Ils doivent tout d'abord impliquer des temps de travaux aussi brefs que possible, notamment au moment de la préparation du sol et du semis, afin que l'agriculteur, profitant au maximum de la première pluie utile, puisse mettre en culture la surface maximale possible. Par la suite, l'agriculteur se doit de conduire ses cultures dans les meilleures conditions, en zone semi-aride cela signifie opter pour le système de culture valorisant le mieux les eaux de pluie (diminution des pertes par ruissellement, concentrations des eaux sur la ligne de semis, etc...). Ainsi les résultats agro-économiques de l'exploitation dépendront

(1) - On entend par système de culture, l'itinéraire technique suivant : préparation du sol - semis fertilisation - entretien - récolte.

pour une large part du système de culture mis en oeuvre dont le choix raisonné sera un compromis entre, d'une part un système rapide à mettre en place et donnant une bonne "sécurité hydrique" à la culture, et d'autre part un système nécessitant une ligne de mécanisation la moins onéreuse possible.

2 - OBJECTIFS

Partant de ces considérations, il fut donc décidé par l'équipe de machinisme agricole du CPATSA (Centre de Pesquisa Agropecuaria do Tropic semi-arido - EMBRAPA, Petrolina, Brésil) de mettre en place une expérimentation afin d'évaluer les performances respectives de six systèmes de culture. L'étude a porté plus particu-

lièrement sur les points suivants :

- optimisation des outils et prototypes employés,
- temps de travaux pour chacune des phases de l'itinéraire technique,
- valorisation des eaux pluviales,
- rendements.

3 - MATERIELS ET METHODES

3 - 1 - Définition des systèmes de culture

Ils se distinguent les uns des autres par le modelé que donne le travail du sol à la surface de la parcelle. La planche n° 1 schématise le résultat obtenu dans chaque cas.

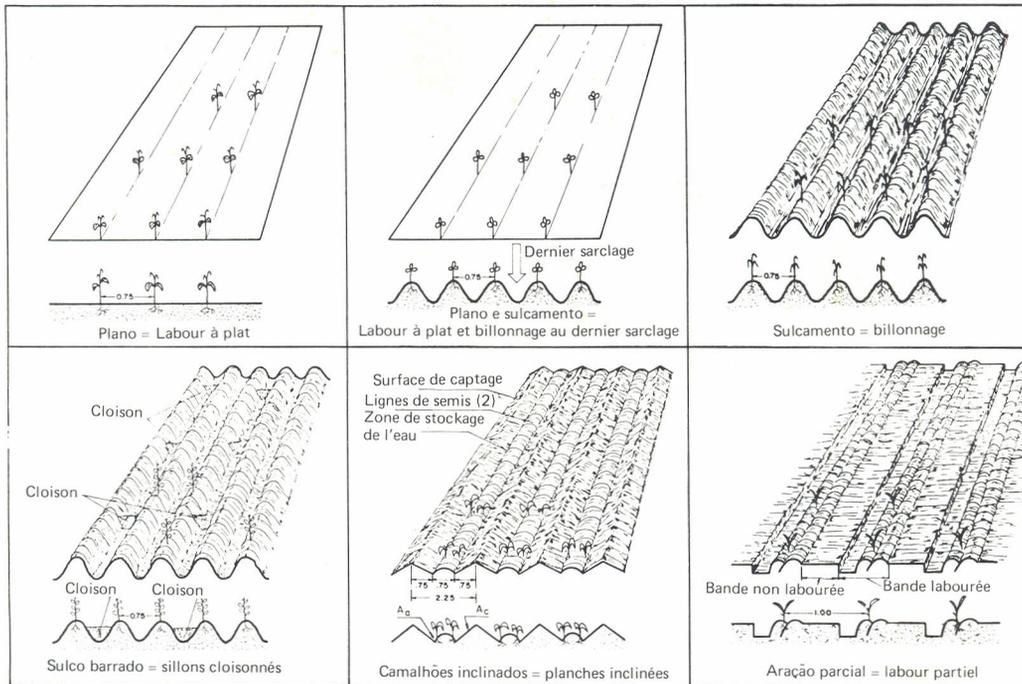


Planche n° 1 - Les six systèmes de culture expérimentés par le CPATSA (Nordeste du Brésil).

. Système "Plano" (abréviation P) = labour à plat.

C'est le système traditionnel où la préparation du sol se résume à un labour à plat. On sème en ligne avec un espacement de 0,75 m.

. Système "Plano e Sulcamento" (abréviation Ps) = labour à plat avec billonnage effectué après le semis.

Le système traditionnel est amélioré en faisant, lors du dernier sarclage (trente à quarante jours après le semis) un billonnage.

. Système "Sulcamento" (abréviation S) : labour à plat avec billonnage effectué avant le semis.



Cliché Th. DURET
Parcelle préparée par un labour à plat. Le micro-relief a été obtenu notamment par le passage du polyculteur 1500 lors du semis.

Après un labour à plat, on fait un billonnage (0,75 m d'écartement). Le semis est fait sur les billons.

. Système "Sulco barrado" (abréviation Sb) = sillons cloisonnés.

On améliore le système précédent en bar rant, à l'aide de petits barrages en terre distants les uns des autres de 2 à 3 mètres, un sillon sur deux. Dans les retenues ainsi constituées, l'eau s'accumule au lieu de ruisseler au fond du sillon. Suite à un sarclage on reforme les barrages.



Cliché Th. DURET
Parcelle préparée en "sulco barrado" après une pluie. Les petits bassins sont tous remplis d'eau.

. Système "Camalhoes inclinados" (abréviation Ci) = planches inclinées.

Après un labour à plat, on fait un travail du sol spécifique de manière à obtenir des planches inclinées (largeur 0,75 m) servant d'aire de captation de l'eau pluviale, séparées par des billons (largeur 0,75 m) sur lesquels on sème deux lignes. Ce système permet, théoriquement, une captation de l'eau de pluie sur les planches (Ac). Cette eau ruisselle et s'accumule au pied des plantes (Aa).



Cliché Th. DURET
Parcelle préparée en "planches inclinées", 2 lignes de "feijao" par sillon. Une proportion importante du sol n'est pas couverte par la culture.

. Système "Aração parcial" (abréviation Ap) = labour partiel

Ce système de préparation simplifiée réduit au maximum le nombre de passages sur la parcelle puisqu'on ne laboure que deux bandes de terre (un aller-retour) pour une ligne de semis et qu'on laisse entre deux lignes de culture, distantes approximativement de 0,8 à 0,9 mètre, une bande non travaillée.



Cliché Th. DURET
Mise en place du système avec labour partiel. Une partie du sol n'est pas travaillée.

3 - 2 - Mécanisation des systèmes

Nous nous limiterons à présenter ici les outils qui ont été utilisés lors des essais.

3 - 2 - 1 - Appareils et outils "classiques"

A l'exception du système "Aração parcial" où nous avons utilisé une charrue traditionnelle réversible (modèle dit "tourne-oreille") aussi bien pour le labour que pour le dernier sarclage (figure n° 2), le matériel employé fut le "polyculteur 1500" (Tropiculteur) sur lequel étaient accouplés les divers outils et prototypes. A l'occasion du semis nous avons employé une machine adaptable uniquement sur le tropiculteur, qui sème et fertilise en même temps (semoir-épandeur d'engrais SANS). Ainsi les systèmes "Aração parcial" et "Camalhoes inclinados" ne peuvent, à cause de l'espacement entre les lignes, bénéficier de l'emploi d'un seul



Cliché Th. DURET
Sarclage effectué avec la charrue sur le système "labour partiel". Noter le bon recouvrement des mauvaises herbes par la bande de terre retournée.

outil traditionnel local dénommé "Matraca". Les engrais ont été épanchés manuellement. Pour tous les systèmes, les deux premiers passages sont manuels avec une houe, le dernier emploie la traction animale.

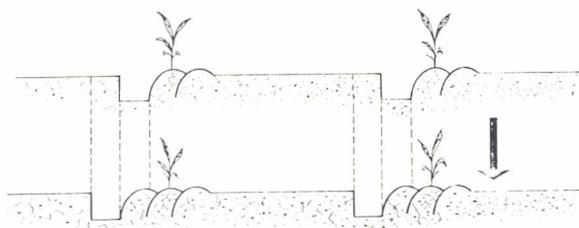
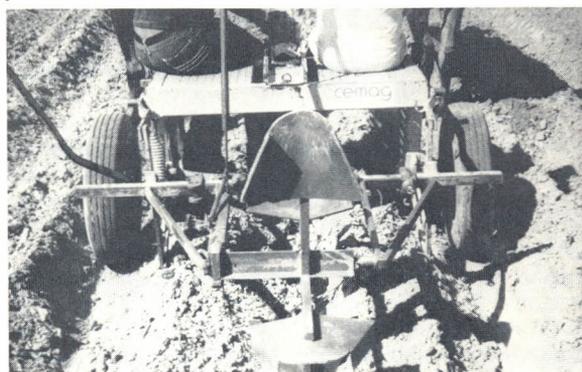


Figure 2 - Système "Aração parcial". Pratique du sarclage avec la charrue traditionnelle "tourne oreille".

3 - 2 - 2 - Prototypes

Pour la mise en oeuvre de deux des systèmes ("Sulco barrado" et "Camalhoes inclinados") l'atelier de mécanisation agricole du CPATSA a conçu deux prototypes, le "cloisonneur de sillons" et le "billonneur avec lames niveleuses".

- le *cloisonneur de sillons*. Cet appareil comprend essentiellement quatre palettes fixées, dans le plan d'avancement de la machine, sur un axe perpendiculaire à ce même plan. L'axe de rotation des palettes est fixé sur un châssis spécial permettant d'accoupler l'appareil au tropiculteur. Un dispositif simple, manoeuvré par l'opérateur, permet de libérer la palette lorsque ce dernier estime que le petit barrage constitué en raclant le fond du sillon, est de taille suffisante. L'axe effectue alors spontanément un quart de tour et met en position de travail la palette suivante.



Cliché Th. DURET
Cloisonneur de sillons prototype monté sur la barre porte-outils du polyculteur 1500.

- Le *billonneur avec lames niveleuses*. L'outil est constitué de deux corps billonneurs, chacun étant doté d'une aile, du genre lame niveleuse, dont l'inclinaison par rapport à l'horizontale est réglable. Cet outil s'adapte aussi

bien sur l'Ariana que sur le Tropiculteur. En un passage cet appareil profile le sol de manière à avoir deux planches inclinées de part et d'autre du billon sur lequel on sème deux lignes.



Cliché Th. DURET
Prototype billonneur avec lames niveleuses monté sur polyculteur 1.500 au travail (planches inclinées).

3 - 2 - 4 - Animaux de traction

Lors de nos essais, nous avons employé une paire de boeufs, quelle que soit l'opération culturale, et ce pour tous les systèmes, à l'exception toutefois de l'"Aração parcial" où nous avons travaillé avec une mule.

3 - 3 - Description du site expérimental

Le sol est classé comme étant du type planosol podzolique jaune (classification brésilienne des sols). Le profil montre un horizon superficiel (0-20 cm) sableux, brun clair, peu structuré. Puis il y a un horizon de transition (20-50 cm) compacté, enrichi en sables fins et limons. Enfin on arrive à un horizon B argilo-sableux, de structure polyédrique angulaire où apparaissent des traces d'hydromorphie indiquant un engorgement temporaire pendant la saison des pluies. Cet horizon repose sur la roche mère qui apparaît vers 1,30 - 1,50 m (Tableau n° 1).

Tableau 1 - Caractéristiques physiques et chimiques du champ expérimental de la Caatinga (Laboratoire Science du sol du CPATSA)

Horizon (cm)	Granulométrie %			PH (H ² O)	M.O.
	Argile	Limons	Sable		
0-20	6	10	84	5,3	0,9
30-50	16	10	74	4,6	0,55
60-100	35	15	50	4,7	0,19

Profondeur (cm)	10	20	30	40	50	60-100
Densité apparente	1,5	1,56	1,57	1,68	1,68	1,64

La densité réelle est comprise entre 2,65 et 2,69.

Le site expérimental fut aménagé suivant la méthode des blocs complets avec trois répétitions, les parcelles étant orientées perpendiculairement au sens de la pente, qui, par ailleurs, est très faible (0,2 à 0,4%). Les dimensions des parcelles sont de 30 mètres par 10 mètres.

Nous avons travaillé avec du "feijao" (*Vigna Unguiculata* Walp, variété Pitiuba), espèce très cultivée dans le nordeste brésilien, semée avec une densité de cinq plantes par mètre.

3 - 4 - Mesures des temps de travaux

3 - 4 - 1 - Définition des blocs de travail

On regroupe les différents temps de travaux en quatre blocs distincts.

- bloc 1 : laps de temps nécessaire pour la mise en place du système. Cela peut donc être un simple labour pour "Plano", ou bien un labour suivi d'un billonnage pour "Sulcamento",
- bloc 2 : semis et fertilisation,
- bloc 3 : entretien (sarclages et applications de pesticides),
- bloc 4 : récolte.

3 - 4 - 2 - Temps de travaux

Pour chacune des opérations culturales, on a noté le temps de travail effectif, ainsi que le nombre d'hommes participant.

Une fois regroupés dans les blocs ces temps de travaux, on a estimé un temps de travail en heures par hectare par attelage ou pour deux hommes à la tâche suivant le cas, à partir de la moyenne des résultats obtenus sur chacune des trois parcelles d'un même traitement. Afin d'exprimer ces résultats d'une manière plus démonstrative tout en donnant les potentialités relatives des systèmes, nous avons calculé, en prenant comme référence le système le plus lent à chaque fois, la surface travaillée pendant le même temps par les autres systèmes, pour les deux premiers blocs.

3 - 5 - "Valorisation" des eaux pluviales

Cette partie du travail a été basée sur l'analyse de deux essais. Le premier s'est déroulé du 1er Janvier 1985 au 30 Mars 1985 pendant le cycle habituel, pour la région, des cultures de mode pluvial. Le second a eu lieu au cours du mois de Novembre 1985 en utilisant un simulateur de pluie (Asbrasil, copie du Swanson) comme source de précipitation.

Tableau 3 - Pluviométrie et évapotranspiration potentielle bac A du 1.1.85 au 31.3.85

période n°	1		2		3		4		5	
Dates	2.1.	11.1	11.1	21.1	21.1	8.2	8.2	12.2	12.2	21.2
pluviométrie (mm)	78,8		66,9		125,8		0,5		37,4	
ETP bac A (mm)	35,2		37,6		57,3		18,9		47,7	

On s'est basé sur l'étude comparative des variations de stock. Au centre de chacune des parcelles, sur une ligne de semis, fut installé un tube d'aluminium afin de permettre à la sonde d'un humidimètre à neutrons (type Solo 20) de descendre jusqu'à un mètre. Périodiquement on faisait des mesures d'humidité sur toute la hauteur du profil (le même jour pour toutes les parcelles) lues en "nombre de coups par seconde". Ces lectures étaient corrigées par rapport au comptage de référence de 1.000 coups par seconde dans l'eau. Les droites d'étalonnage "nombre de coups par seconde" (x) - "humidité volumique" (y), ont été établies par la méthode de terrain (régression linéaire entre les humidités lues à la sonde et les humidités volumiques mesurées à partir de prélèvements). Quatre droites d'étalonnage se rapportant aux profondeurs 10 cm, 20 cm, 30-50 cm et 60-100 cm ont ainsi été établies.

Tableau 2 - Formules permettant d'établir les droites d'étalonnage de l'humidimètre à neutrons

- x : nombre de coups par seconde (avec référence à 1.000 coups dans l'eau),
- y : humidité volumique en %,
- r : coefficient de corrélation.

Profondeur

10 cm	$y = 0,0983 x - 3,232$	$r = 0,96$
20 cm	$y = 0,0666 x + 3,0724$	$r = 0,96$
30-50 cm	$y = 0,0494 x + 4,0182$	$r = 0,94$
60-100 cm	$y = 0,0366 x + 9,415$	$r = 0,84$

Nous avons donc obtenu des séries de profils hydriques. On a pu en déduire la variation de stock (en mm de hauteur d'eau) se rapportant à chacune des tranches (10 cm de hauteur) de sol du profil (en supposant l'humidité constante sur la couche de sol considérée).

3 - 5 - 2 - Essai en conditions "naturelles" (1.1.85 - 30.3.85)

Nous avons utilisé les tubes installés au milieu de chacune des dix huit parcelles (6 traitements, trois répétitions). Les lectures d'humidités ont été répétées suivant un pas de temps d'approximativement huit jours. Le tableau 3 donne la pluviométrie enregistrée au cours de la saison à la station météorologique du "Campo de Caatinga" située à 200 mètres du site expérimental. On y trouvera aussi les E P T bac A. On remarquera que les pluies ont été particulièrement favorables (supérieure de 100% à la moyenne).

période n°	6		7		8		9	
Dates	21.2	26.2	26.2	5.3	5.3.	26.3	26.3	28.3
Pluviométrie (mm)	47		40,9		70,2		20,4	
ETP bac A (mm)	18,3		38,4		81,6		10,3	

A la suite des trois mois qu'a duré l'essai, on avait donc 10 séries de 18 profils hydriques, soit 9 groupes de variation de stock. Nous intéressant plus particulièrement à l'influence du mode de préparation du sol sur les capacités d'emmagasiner l'eau de pluie, nous n'avons gardé, pour l'analyse des résultats, que six périodes, les trois autres s'étant soldées par un déficit hydrique. Pour les périodes retenues on n'a comptabilisé, dans la variation de stock affectée à chaque tube, que les variations de stock partielles indiquant un gain d'eau de la couche considérée. Si on observait qu'une certaine épaisseur de sol s'était vidangée, cela pouvait se traduire par un gain d'eau des horizons sous-jacents, qui n'était pas, alors, comptabilisé. Notons que, sur les six périodes, cinq sont caractérisées par le fait que 90% du gain d'eau est enregistré dans les cinquante premiers centimètres.

Ces données ont été analysées statistiquement suivant le principe de l'analyse de la variance, avec ici trois facteurs contrôlés : le traitement, le bloc et la période.

Cette méthode reste quand même assez approximative dans la mesure où elle suppose que, au cours de chacune des périodes, le drainage et l'évapotranspiration affectent avec la même intensité les différentes parcelles. Or ces deux composantes du bilan hydrique dépendent notamment du comportement physiologique de la culture, ainsi que de l'écartement entre les lignes, et des propriétés hydrodynamiques du sol. Il est donc probable que les quantités d'eau perdues par évapotranspiration et drainage aient été variables d'une parcelle à l'autre, et même à l'intérieur de la parcelle, au cours d'une même période, introduisant par là des imprécisions lors des comparaisons de variation de stock; dans le cas de l'essai avec simulateur de pluie ce problème s'est posé avec moins d'importance puisqu'on faisait les lectures la veille d'une pluie et quelques temps (une à deux heures) après qu'elle soit terminée.

3 - 5 - 3 - Essai avec le simulateur de pluie (30.10.85 au 30.11.85)

- *Description du simulateur.* C'est un appareil de marque "Asbrasil" copie du "Swanson". Il est composé de dix bras radiaux (7,50 m de long) sur lesquels sont montées des buses (jet en éventail, 80/100). L'ensemble est mis en rotation par un moteur (6 ch) donnant une vitesse angulaire de 3 tours par minute. Une pompe centrifuge alimente en eau le système sur une gamme de pressions allant de 4 à 10 p. s. i (280 à 700 g/cm²). La pluie a ainsi une intensité qui peut varier de 50 mm à 150 mm par heure, distribuée avec un coefficient d'uniformité de l'ordre de

90% sur deux surfaces rectangulaires (11 m x 3,5 m) situées de part et d'autre de l'axe de rotation de l'appareil.

- *Dispositif expérimental.* Nous avons travaillé dans le bloc 1 et on n'a testé que quatre des six systèmes de culture ("Plano", "Sulcamento", "Sulco barrado" et "Camalhoes inclinados"), avec deux répétitions. Au centre de chaque parcelle (5 m x 3,5 m) nous avons placé deux tubes, distants l'un de l'autre de 1,50 m. Pour chaque pluie, on faisait une lecture d'humidité la veille et une autre quelques heures après qu'elle soit terminée. On a appliqué ainsi quatre irrigations sur chaque bloc, la première fut de 40 mm (densité 60 mm/h), les deux suivantes de 20 mm (intensité 40 mm/h) et la dernière de 12 mm (intensité 40 mm/h).

De la même manière que précédemment nous avons utilisé la méthode d'analyse de la variance pour mettre en évidence les facteurs contrôlés ayant eu un effet significatif.

3 - 6 - Production

Elle a été évaluée lors de l'essai en conditions naturelles, en récoltant à l'intérieur de chaque parcelle huit lignes sur une longueur de 20 mètres. On avait appliqué une dose de 60 kg par hectare d'un engrais binaire NP (20-60).

4 - RESULTATS ET DISCUSION

4 - 1 - Appréciation du fonctionnement des outils

- *Châssis porte-outils et appareils de travail du sol*

La ligne MOUZON-NOLLE donne entière satisfaction. Les qualités de ces châssis, et notamment leur polyvalence, en font des appareils bien adaptés pour réaliser la mécanisation complète des systèmes. Cependant, si les outils classiques (charrues, billonneurs, etc...) s'adaptent sans problème sur n'importe quel châssis, il n'en est pas de même avec les prototypes. Le "billonneur avec lames niveleuses" n'est pas utilisable avec le polyculteur 300. Le "cloisonneur de sillons" ne s'adapte que sur le polyculteur 1500. Un prototype accouplable au polyculteur 600 est à l'étude.

- Semis - fertilisation

Lors de nos essais nous avons employé le semoir-épandeur d'engrais SANS. Cet appareil risque d'avoir un succès limité car, d'une part il ne s'adapte que sur le polyculteur 1500, et d'autre part il est assez onéreux. L'expérience

de ces dernières années nous a montré que les semoirs en lignes classiques utilisés en traction animale étaient peu appréciés, en raison principalement de leur prix. En fait le semoir qui a la plus large diffusion auprès des petits agriculteurs nordestins est un appareil manuel du type "canne planteuse", dont il existe d'ailleurs une version améliorée qui distribue les engrais en même temps que les semences. Il n'en reste pas moins qu'il présente les inconvénients habituels des outils manuels (temps de travaux importants notamment), comme on a pu le remarquer lors de nos essais où nous l'avons utilisé pour semer les systèmes "aração parcial" et "Camalhoes inclinados". Afin d'apporter une solution viable à ce problème, il a été conçu un dispositif simple permettant d'accoupler une ou plusieurs cannes planteuses à une barre porte-outils. L'opérateur n'a donc plus qu'à suivre l'attelage, en actionnant régulièrement le dispositif de libération des semences et de l'engrais. Suivant la nature du châssis (300 - 600 ou 1500) on peut semer deux ou trois lignes simultanément grâce à une tringle qui rend solidaires les mécanismes de distribution des semoirs. Les tests de semis avec cet appareil ont donné des résultats très satisfaisants et ont démontré la très bonne efficacité

du système. On peut donc espérer un rapide développement de cet appareil, d'autant plus qu'il reviendrait à peine plus cher que la "matraca".



Cliché Th. DURET
Adaptation de la canne planteuse "MATRACA" sur le châssis 300, modèle à 2 rangs.

4 - 2 - Temps de travaux

4 - 2 - 1 - Résultats

Tableau 4 - Temps de travaux en heures par hectare par attelage ou pour deux hommes à la tâche (semis-fertilisation manuels, pulvérisation, sarclage à la houe)

		1	2	3	4
Préparation du sol (bloc 1)	Systèmes (abréviation)	Ap	P-Ps	S-Ci	Sb
	Temps moyen	13 h 30	25 h	34 h	40 h
	Extrêmes	10h - 15 h	20 h - 30 h	30 h - 38 h	38 h - 42 h
		1		2	
Semis-fertilisation (bloc 2)	Systèmes (abréviation)	P-Ps-S-Sb		Ci-Ap	
	Temps moyen	6 h 30		18 h	
	Extrêmes	3 h - 8 h		14 h - 21 h	
		1		2	
Préparation du sol + semis-fertilisation	Systèmes (abréviation)	AP-P-Ps	S	Sb	Ci
	Temps moyen	32 h	37 h	47 h	53 h
	Extrêmes				
		1		2	

Les opérations d'entretien (bloc 3) ont une durée moyenne de 140 h par hectare, quel que soit le système, se répartissant ainsi : 82% pour deux sarclages manuels, 8% pour un sarclage en traction animale et le solde, 10%, pour les deux applications phytosanitaires.

Tableau 5 - Classification des systèmes suivant la surface travaillée

Préparation du sol (bloc 1)	Fertilisation-semis (bloc 2)		bloc 1 + bloc 2	
	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)
Sb	1	Ap	1	1
Ci	1,2	Ci	1	1,2
S	1,2	P	2,9	1,5
Ps	1,6	Ps	2,9	1,7
P	1,6	Sb	2,9	1,7
Ap	3,2	S	1,9	1,7

Exemple : Bloc 1, la préparation d'un hectare de "Sulco barrado" requiert autant de temps que celle de 1,2 hectare de "Sulcamento" ou 3,2 hectares de "Aração parcial".

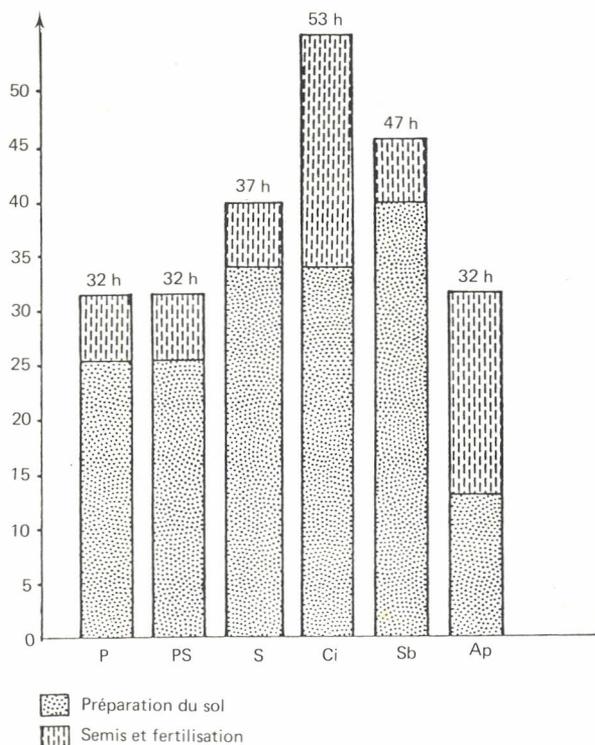


Figure 3 - Temps de travaux en heures par hectare (préparation du sol + semis et fertilisation).

4 - 2 - 2 - Discussion

On observe, sans grande surprise, que le système le plus rapide à mettre en place est l'"Araçao parcial" (Ap). L'opération de semis-fertilisation est extrêmement coûteuse en temps, si elle est réalisée suivant la méthode traditionnelle. Si le bloc 3 est d'une telle durée, c'est essentiellement dû aux deux premiers sarclages (à la houe manuelle), qui représentent 82% du temps total.

Enfin, il nous a paru intéressant de regrouper les blocs 1 et 2 en un seul, car cela nous donne alors le temps de travail nécessaire pour

que, partant d'une parcelle non préparée, la plante puisse commencer son cycle de développement. Cela permet d'avoir une base de comparaison efficace des systèmes puisque, avec les conditions agro-climatiques du tropique semi-aride brésilien, il a été démontré (Vallée et Miranda, 1983) que l'agriculteur avait intérêt à semer le plus tôt possible après la première pluie utile. L'observation des tableaux 4 et 5 montre que les écarts entre les systèmes de culture se sont nivelés. L'"Araçao parcial" a perdu l'avantage qu'il avait acquis au cours du 1er bloc. Concernant les résultats en général, il convient de remarquer que les données des tableaux 4 et 5 ne sont pas seulement caractéristiques d'un système, mais aussi de la manière dont il est mécanisé (nature du châssis, animal de traction) et des conditions locales (climat, état du terrain).

4 - 2 - 3 - Conclusion

Nous nous étions proposés, dans cette partie, d'étudier différents systèmes de culture sous l'aspect des temps de travaux qu'ils impliquent dans chacune des phases du cycle cultural. Dans les conditions où nous étions placés, il est donc préférable de pratiquer un des deux systèmes "Plano e Sulcamento" ou "Araçao parcial". Cependant on peut sans nul doute s'attendre à ce que le système "Araçao parcial" s'impose à nouveau comme étant le plus "rapide" si on emploie au semis la canne planteuse-distributrice d'engrais montée sur châssis polyvalent. Il serait possible aussi de gagner du temps avec le système "Sulco barrado" en ne faisant le cloisonnement des sillons qu'une fois que toute la surface disponible a été préparée et semée.

En ce qui concerne le bloc 3, un essai devrait être entrepris afin de mieux apprécier les intérêts respectifs de divers systèmes de sarclage (100% manuel, 100% en traction animale, options intermédiaires).

4 - 3 - Variations des stocks d'eau (en mm)

4 - 3 - 1 - Essais en conditions naturelles

Le tableau 6 présente les variations de stock (en mm de hauteur d'eau) enregistrées sur chacun des 18 tubes au cours des six périodes.

Tableau 6 - Variations de stock (en mm). Essai en "conditions naturelles"

Périodes	1	2	5	6	7	9	Moyenne sur les 6 périodes	
Traitements	2.1 - 11.1	11.1 - 21.1	12.2 - 21.2	21.2 - 26-2	26.2 - 5.3	26.3 - 28.3	6 périodes	
Bloc 1	S	18,6	5,5	3,1	13,4	1,9	7,4	8,3
	Ci	20,2	7,8	0,9	15,4	1,6	7,2	8,8
	Ps	53,6	0,5	8,4	4,8	10,2	11,9	14,9
	P	23,2	14,9	6,8	1,6	6,6	10,0	10,5
	Sb	36,6	9,6	8,0	16,9	12,7	13,8	16,3
	Ap	24,5	1,1	4,5	8,0	7,7	7,7	8,9
Bloc 2	S	10,4	12,6	3,5	13,7	5,3	9,7	9,2
	Ci	29,9	12,5	7,6	14,4	11,3	13,1	14,8
	Ps	37,7	8,6	11,6	6,0	13,5	9,6	14,5
	P	34,9	7,5	5,8	8,7	7,7	13,3	13,0
	Sb	39,7	15,2	6,5	15,6	14,9	9,7	16,9
	Ap	28,5	11,2	6,1	5,8	14,6	11,3	12,9
Bloc 3	S	6,5	3,3	6,9	0,3	7,0	7,8	5,3
	Ci	15,6	5,8	5,3	4,2	7,9	8,6	7,9
	Ps	23,0	3,0	3,5	6,4	8,9	9,9	9,1
	P	22,6	17,2	8,5	20,5	3,8	10,9	13,9
	Sb	21,8	6,1	3,9	8,9	8,8	7,4	9,5
	Ap	28,0	0,6	11,1	21,3	1,1	12,1	12,4

Le tableau d'analyse de la variance de ces données nous indique un effet significatif (seuil 1%) du facteur traitement, l'interaction période - traitement l'est juste à 5%.

Causes de variation	Degrés liberté	F
Traitement	5	3,59**
Bloc	2	5,1 *
Période	5	37,9 ***
Période x traitement	25	1,85
Erreur	70	

Classement des traitements (Duncan, au seuil 5%)

Sb PS P AP

Ci S

(les traitements reliés par un trait ne sont pas significativement différents au seuil 5%).

Ainsi il apparaît que, au cours du cycle de culture, le système qui, en moyenne a emmagasiné le plus d'eau est "Sulco barrado". Ses performances se révèlent d'ailleurs significativement différentes de celles des systèmes "Camalhoes inclinados" et "Sulcamento". "Plano", "Plano sulcamento" et "Araçao parcial" donnent des résultats intermédiaires. L'existence d'une interaction traitement-période juste significative (5%) indique que les performances des systèmes étaient variables suivant la période. La figure n° 4 permet d'apprécier cette variabilité. Pour chaque période on a calculé la moyenne des variations de stocks, puis on a représenté sous la forme d'une hologramme les écarts à la moyenne (en pourcentage de celle-ci) de chacun des traitements. Les deux traitements les plus réguliers sont manifestement "Sulco barrado" et "Sulca-

mento". Par contre les quatre autres systèmes donnent des résultats plus variables. Cette interaction période-traitement illustre peut-être aussi une des limites de cette méthode : les variations de stocks d'une période sont en partie dépendantes de celles enregistrées lors de la période précédente.

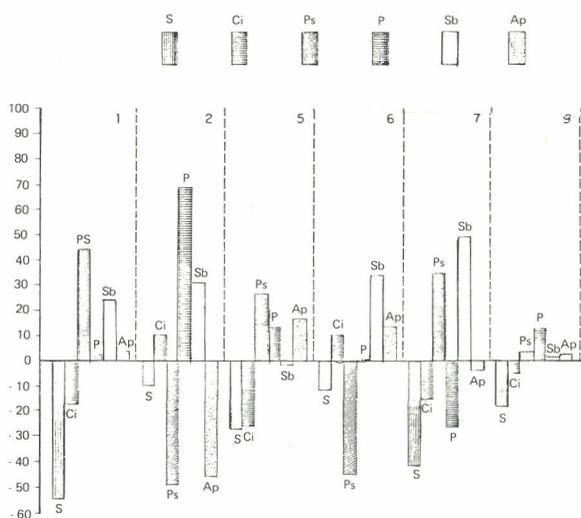


Figure 4 - Variabilité des performances des 6 systèmes en fonction de la période.

Pour chaque période, on a calculé la moyenne des variations de stocks, puis on a représenté ici les écarts à la moyenne de chacun des traitements.

4 - 3 - 2 - Essai avec simulateur de pluie

Le tableau 7 donne les variations de stocks enregistrées. Le traitement de ces données par la méthode de l'analyse de la variance indique un effet significatif du facteur traitement (seuil 1%). Le classement par Duncan (seuil 5%) donne :

Sb S Ci P

(les traitements reliés par un trait ne sont pas significativement différents). Le traitement "Sulco barrado" se démarque donc significativement des trois autres systèmes.

Tableau 7 - Variation de stocks (en mm de hauteur d'eau)

Pluie n°		1	2	3	4		
1	Bloc Traitement Tube n°						
	Ci	11	20,0	4,7	6,7	3,6	
		12	19,0	4,2	7,1	3,8	
	P	21	16,0	4,6	5,2	3,4	
		22	10,0	4,7	3,6	3,1	
	S	31	20,0	6,5	6,9	3,7	
		32	18,0	5,6	6,4	3,5	
	2	Sb	41	22,0	7,3	7,6	5,1
			42	19,0	8,1	8,0	5,3
		Sb	51	34,0	8,7	7,5	5,4
			52	26,2	9,7	10,2	5,0
		S	61	22,3	7,4	3,8	3,1
62			21,8	7,6	4,6	2,8	
P		71	10,6	6,4	2,0	3,2	
		72	10,4	6,0	2,6	3,0	
Ci		81	18,6	6,1	3,8	3,9	
		82	13,5	6,6	3,1	3,5	

4 - 3 - 3 - Discussion

Au terme de ces deux essais, il apparaît donc que, dans les conditions expérimentales (nature du sol, pente) où nous étions placés, le système "Sulco barrado" est celui qui a le mieux

valorisé les eaux de pluie, dans le sens d'une diminution des pertes par ruissellement. Cela a pu être observé très nettement au cours de nos essais. En effet il était fréquent qu'après un épisode pluvieux, les petits barrages fussent remplis d'eau, alors que dans les sillons non barrés l'eau ruisselait librement. En ce qui concerne les autres systèmes, il apparaît plus difficile de se prononcer. Par exemple le système "Sulcamento" est le moins bien placé à l'issue de l'essai en conditions naturelles, mais il est second lors du 2ème essai. Par contre le système "Plano" qui s'était assez bien comporté lors du premier essai, déçoit lors du second. Dans le cadre de cette expérimentation, il paraît donc plus prudent de considérer ces cinq systèmes comme ayant des performances équivalentes, ou tout au moins beaucoup plus sensibles aux conditions de terrain et à la manière dont la préparation du sol a été faite. Le système "Plano" sera avantage par une topographie plane et la présence d'un micro-relief permettant des accumulations locales. Mais en situation de pente, même légère, les performances seront beaucoup moins bonnes. De même on peut remarquer que les systèmes "Camalhoes inclinados" et "Sulcamento" dans une moindre mesure, sont défavorisés par la configuration du système qui réduit la surface de sol au travers de laquelle l'eau peut s'infiltrer. Ainsi lorsque le sol est saturé et que le régime d'infiltration atteint un niveau stationnaire, l'eau excédentaire part en ruissellement. Un certain stockage de l'eau dans les sillons est toujours possible dans des micro-dépressions, que celles-ci soient liées à la topographie de la parcelle, ou bien à un billonnage de profondeur variable. Mais cela se réalise d'une façon plus aléatoire sans véritable contrôle.

4 - 4 - Rendements

Le tableau 8 donne les rendements obtenus en kg/ha, ainsi que le nombre de plantes par hectare pour chacun des systèmes. L'analyse de la variance indique un effet significatif du traitement au seuil 1%. Le classement par Duncan des traitements est le suivant :

P Ps Sb S Ap Ci

(les traitements reliés par un trait ne sont pas significativement différents au seuil 5%).

Tableau 8 - Rendements en kg/ha de l'expérimentation en "conditions naturelles" Densités plantes/hectare

Traitements	Plano	Plano e sulcamento	Sulcamento	Sulco barrado	Camalhoes inclinados	Araçao parcial
Blocs						
1	708	645	700	781	320	462
2	912	966	1.191	730	463	480
3	1.240	1.182	750	1.220	316	435
Densité nbre plantes/ha	76.000	67.000	67.000	67.000	45.000	55.000

Si la saison des pluies avait été déficitaire, on aurait pu ainsi apprécier d'une manière plus pragmatique le comportement des systèmes en situation critique. Les pluies ayant été particulièrement favorables, autant en quantité qu'en régularité de distribution, le facteur déterminant ces écarts serait le nombre de plantes par hectare. Les quatre premiers systèmes ont une densité de 67.000 pieds par hectare, alors que "Araçao parcial" n'en a que approximativement 62.000 (la régularité d'écartement des lignes est plus difficile à maîtriser) et "Camalhoes inclinados" à peu près 45.000. Ces deux derniers systèmes pourraient, en outre, être défavorisés par une qualité de labour inférieure pour le premier, et par une plus mauvaise répartition des racines dans le sol pour le second.

5 - CONCLUSION

Comme préalable, à la diffusion de matériels agricoles à traction animale dans le Nordeste du Brésil, nous nous étions proposés de comparer (au niveau du champ d'essai), les qualités de six systèmes de culture en relation avec les contraintes du tropique semi-aride brésilien. Celles-ci peuvent se résumer de la manière suivante : faibles moyens financiers des "clients", la période optimale pour le semis est réduite, le total pluviométrique annuel est très irrégulier, en général limitant les rendements. Cette première partie d'un travail qui devrait maintenant pouvoir se poursuivre par une expérimentation multi-locale a mis en évidence un certain nombre de choses. Le système "Araçao parcial" est particulièrement intéressant, car il peut être mis en oeuvre avec des moyens assez limités (une charrue réversible et une mule) que possèdent, en général, les petits producteurs nordestins. Il présente en outre un avantage de taille par rapport aux autres systèmes, car il est beaucoup moins exigeant en temps de travail lors de la phase de préparation du sol. Mais l'opération de semis-fertilisation reste un goulot d'étranglement si elle est manuelle avec la canne planteuse (Matraca). Ce problème n'est pas en effet particulier à l'"Araçao parcial", les semoirs en lignes habituellement utilisés en traction animale ne sont pratiquement pas diffusés dans le Nordeste car ils sont trop chers. Une première réponse à ce problème a été apportée en mettant au point un dispositif permettant d'accoupler à un châssis porte-outils une ou plusieurs cannes planteuses dont les mécanismes de distribution sont rendus solidaires.

Les autres systèmes nécessitent des moyens plus importants (matériel, temps de travail). En considérant le facteur "emmagasinement de l'eau dans le sol", cela ne semble se justifier que pour le système "Sulco barrado". Par contre sous l'aspect des rendements, 4 de ces systèmes (à l'exception de "Camalhoes inclinados") ont donné des rendements supérieurs à l'"Araçao parcial", la principale raison étant une densité de plantes à l'hectare supérieure. Mais ces aspects restent à confirmer en diverses con-

ditions de terrain sur plusieurs années. Et il serait d'ailleurs souhaitable que démarre dès maintenant une série d'expérimentations multi-locales dans la région du Nordeste afin de compléter les connaissances acquises au champ expérimental.

BIBLIOGRAPHIE

- BANSAL R.K., LAL H. et NAYANDE V.M.
Mechanizing farming in the semi-arid tropics India. Patancheru, P.O. India, ICRI-SAT, 1980, 7 p.
- BARON V. et ANJOS J.B.
Dos. Mecanização agrícola com tração animal. Inf. Agrop, Belo Horizonte, MG, 9 (103) : 30-9, 1983.
- CHEZE B. et GROOS A.
Missao de estudo das possibilidades de desenvolvimento da cultura atração animal no Norte e Nordeste do Brasil. Paris França, CEEMAT 1978, 22 p.
- JOHNSTON B.F.
Socio-economic aspects of improved animal-drawn implements and mechanization in semi-arid East Africa. s.n.t. 20 p. Trabalho apresentado em Workshop on Socio-Economic Constraints to Development of Semi-Arid Tropical Agriculture, 1979.
- LAL H.
Quinquenal (1980-1984) report of research and development activities on agricultural mechanization for Northeast Brazil; machinery development and adaptation. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1980, part. III. il.
- LINS R.G.
Tração animal na pequena propriedade agro-pecuária : opção ou obsolescência ? Recife, PE, UFRPE, 1980, 11 p. il.
- PEYREMORTE P, PHILIPPEAU G., MARCESSE J.
Optimisation de l'échantillonnage pour déterminer les bilans hydriques sous culture au moyen de l'humidimètre à neutrons. IAEA Vienne 1972, p. 631 à 647.
- REIS O.G.
Uso da mecanização agrícola a tração animal no Brasil. Inf. Agropec.; Belo Horizonte, MG 9 (103) : 24-9, 1983.
- RICHE G.R.
Características Morfo Físico Químicas de um perfil de solo representativo do Campo experimental tração animal. Petrolina Brasil EMBRAPA-CPATSA 5 p. 1982.
- VALLEE G., DE MIRANDA E.E., DORASWANG G.
"Testo agronomicos en meio rural : um elemento de diagnostico para a pesquisa e o desenvolvimento" Petrolina, Brasil EMBRAPA-CPATSA - Sept. 1984
- Manuel de culture avec traction animale, techniques rurales en Afrique Ministère de la Coopération, 1975 - 335 p.

RESUME

Un effort très important est fait dans le Nordeste du Brésil pour développer l'emploi de la traction animale. L'expérimentation conduite en 1985 au CPATSA se propose de comparer 6 systèmes de culture prenant en compte les principales contraintes liées généralement aux zones tropicales semi-arides : période disponible pour la préparation du sol et le semis en conditions optimales relativement réduite, pluviométrie annuelle souvent insuffisante et mal répartie, pouvoir d'achat des paysans faible.

Cela a conduit à orienter l'étude sur les points suivants :

- l'optimisation des outils employés (prototypes dans certains cas),
- l'analyse des temps de travaux,
- la valorisation des eaux pluviales,
- les rendements.

Chaque système de culture est caractérisé principalement par le modèle de la surface du terrain obtenu lors des travaux de préparation du sol. On a ainsi :

- (1) le labour à plat (technique traditionnelle),
- (2) le labour à plat, avec billonnage effectué lors du dernier sarclage,
- (3) le labour à plat suivi du billonnage, avant semis ou plantation,
- (4) le labour à plat suivi du billonnage (idem 3), avec cloisonnement des sillons après le semis,
- (5) le labour à plat suivi de la réalisation de planches inclinées (captation des pluies) séparées par des billons sur lesquels on sème 2 lignes,
- (6) le labour partiel, avec bande de terre non travaillée.

Deux matériels prototypes ont été conçus pour mettre en place les systèmes (4) (cloisonneur de sillons) et (5) (planches inclinées).

Des résultats intéressants ont été enregistrés. Pour la préparation du sol le système (6) est le plus rapide, mais si l'on prend en compte l'ensemble préparation du sol + semis et fertilisation, il se place au même plan que (1) et (2) car pour le moment le semis et la fertilisation en "labour partiel" doivent être effectués manuellement, cependant l'adaptation d'une canne planteuse-distributrice d'engrais sur un châssis polyvalent, à 2 ou 3 rangs (en cours d'expérimentation), permettrait de réduire sensiblement le temps total de travail en "labour partiel".

L'étude de la variation des stocks d'eau dans le sol, au cours de la culture montre que c'est le système des sillons cloisonnés (4) qui valorise le mieux les eaux de pluie (dans les conditions de l'expérimentation).

En 1985, la pluviométrie ayant été favorable, la différence observée sur les rendements est davantage due à une plus faible densité de plants à l'hectare qu'à une meilleure disponibilité en eau, c'est pourquoi les systèmes (5) et (6) ont donné les rendements les plus bas.

Néanmoins, dans le contexte du Nordeste brésilien, le système du "labour partiel" reste très intéressant car il met en oeuvre des moyens limités (une charrue réversible et une mule) et il est relativement peu exigeant en temps de travail pour la préparation du sol.

Les moyens plus importants employés pour l'application des autres techniques ne semblent se justifier que pour le système des "sillons cloisonnés" en année à déficit pluviométrique.

Ces premiers résultats, très incomplets, sont à confirmer par des expérimentations multi-locales chez des paysans.

ABSTRACT

A very important effort is being made in the Brazilian Northeast to develop animal traction. The purpose of the experimentation conducted at CPATSA in 1985 is to compare 6 farming systems taking into account the main constraints generally found in semi-arid areas of the tropics, i.e. : a relatively limited period for soil conditioning and sowing under optimum conditions, annual rainfalls frequently poor and inadequately distributed, low purchasing power of farmers.

This has led to focus the study on the following points :

- best adequation of the tools used (prototypes in some cases),
- analysis of working times,
- utilisation of rain-waters,
- crop yields.

Every farming system is mainly characterized by the soil surface relief resulting from the works applied at the soil preparation level. So we have :

- (1) the flat furrow ploughing (traditional practice)
- (2) the flat furrow ploughing plus ridging performed at the final weeding
- (3) the flat furrow ploughing plus ridging before sowing/planting
- (4) the flat furrow ploughing plus ridging (as in (3)) then furrow damming after sowing
- (5) the flat furrow ploughing plus formation of leaning lands (rain-water captation) separated by ridges on which 2 rows are sown
- (6) the "partial ploughing" with undisturbed strip of land.

Two prototypes of tools have been designed to apply system (4) (furrow damming unit) and system (5) (leaning lands).

Interesting results could be recorded. Regarding soil conditioning, system (6) appears the quickest one but if we consider the whole operation i.e. soil conditioning + sowing and fertilizing, it is equivalent to systems (1) and (2) because presently the "partial ploughing" practice involves hand sowing and fertilizing; nevertheless, mounting a planting-fertilizing stick on a 2-3 row multipurpose frame (in experimentation) would allow to reduce considerably the total working time required with the "partial ploughing" system.

A study on the change in the quantities of water stored in the soil during the cropping period reveals that system (4) i. e. dammed furrows, allows the best utilisation of rain-waters (under the conditions of the experimentation).

In 1985, as rainfalls were favourable the yield difference resulted from a lower plant density per hectare rather than from a better water availability, which explains that systems (4) and (5) gave the lowest yields.

Nevertheless, the partial ploughing system remains very interesting for the Brazilian Northeastern conditions because it requires reduced means (a quarter turn plough and a mule) and relatively low working times for soil conditioning.

The higher means needed with the other systems do not seem justified except with the dammed furrow system in years suffering a rain deficit.

These first results, quite incomplete, should be confirmed through multi-local experimentations conducted on farms.

RESUMEN

En el Nordeste brasileño se está poniendo gran empeño en el desarrollo del empleo de la tracción animal. La experimentación realizada en 1985 en el CPATSA tiene por objeto el comparar 6 sistemas culturales que toman en cuenta las principales condiciones limitativas que por lo general se encuentran en las zonas tropicales semi-áridas : período disponible relativamente reducido para la preparación del suelo y siembra en condiciones óptimas, pluviometría anual con frecuencia insuficiente y mal distribuida, bajo poder adquisitivo de los campesinos.

Esto ha conducido a orientar el estudio sobre los siguientes puntos :

- optimización de los aperos empleados (prototipos en algunos casos)
- análisis de los tiempos de trabajo
- valorización de las aguas pluviales
- rendimientos

Cada sistema cultural se caracteriza principalmente por el modelado de la superficie del terreno resultando de los trabajos de preparación del suelo. Así tenemos :

(1) la labor llana (técnica tradicional)

(2) la labor llana con alomado cuando la última operación de escarda

(3) la labor llana seguida por un alomado antes de la siembra o plantación

(4) la labor llana seguida por un alomado (la mismo que en (3)) con formación de represas en los surcos, después de la siembra

(5) la labor llana seguida por la formación de amelgas inclinadas (captación de las lluvias) separadas por cavallones donde se siembran 2 líneas

(6) la labor parcial con banda de tierra sin labrar.

Han sido diseñados dos equipamientos prototípicos para la aplicación de los sistemas (4) (represador de surcos) y (5) (amelgas inclinadas).

Se han registrado resultados interesantes. Para la preparación del suelo, el sistema (6) es mas rapido pero, si se considera la totalidad de la operación integrando la preparación del suelo + siembra y fertilización no se diferencia del (1) ni del (2) por efectuarse actualmente a mano la siembra y fertilización en el sistema de "labor parcial"; sin embargo, el adaptar una cana plantadora - abonadora sobre un bastidor versátil, de 2 o 3 líneas (en curso de experimentación) permitiría reducir de manera notable el tiempo total de trabajo requerido con la "labor parcial".

El estudio de la variación de las cantidades de agua almacenada en el suelo durante el cultivo indica que el sistema (4) de surcos represados es el que mejor valoriza las aguas pluviales (en las condiciones de la experimentación).

En el año 1985, con una pluviometría favorable, la diferencia de rendimientos observada proviene más de una menor densidad de plantación que de una mejor disponibilidad de agua, por eso los sistemas (5) y (6) registraron los rendimientos más bajos. Sin embargo, en el contexto del Nordeste brasileño parece ser de sumo interés el sistema de "labor parcial" por poner en obra medios limitados (un arado reversible y una mula) y requerir tiempos de trabajo relativamente reducidos para la preparación del suelo.

Los medios mas importantes que requiere la aplicación de las otras técnicas sólo parecen justificados para el sistema de surcos represados en años de déficit pluviométrico.

Estos primero resultados, muy incompletos, tienen que ser confirmados mediante experimentaciones multilocales en las explotaciones agrícolas.