

ETUDE DE SYSTEMES MECANISES AU BRESIL

Vincent BARON (*), Serge BERTAUX (*), Evandro C. MANTOVANI (**)
avec la participation de Alain DUCREUX (*).

RESUME

Pendant les 50 dernières années, la population rurale brésilienne a été divisée par trois, alors que les surfaces cultivées étaient multipliées par trois. Cette évolution s'est faite grâce à un fort développement de la mécanisation (et en particulier de la motorisation), mais selon une très grande disparité régionale.

En 1980, un accord de coopération a été passé entre le CEEMAT et l'EMBRAPA pour l'étude des systèmes mécanisés avec pour objectifs l'introduction ou l'adaptation de matériels aux conditions des petits et moyens producteurs du Brésil.

Ce projet s'est concrétisé par la mise en place d'actions de recherches ponctuelles dont deux exemples sont traités dans le texte (mise au point de semoirs et détermination des performances d'outils divers en conditions réelles), par des opérations de formation/vulgarisation chez les producteurs et par la constitution d'une base documentaire.

Ces travaux qui se sont traduits par des résultats pratiques et immédiatement applicables ont été faits en collaboration très étroite avec les chercheurs, les agriculteurs et les constructeurs brésiliens.

MOTS-CLES

Mécanisation - Machinisme agricole - Evolution - Semoir - Consommation énergétique - Expérimentation en milieu paysan - Brésil.

INTRODUCTION

L'accroissement progressif de la population a exigé et exige encore par son importance un développement parallèle de l'agriculture. Un tel processus a normalement nécessité davantage de travail, de compétences et de soins ainsi que le recours de plus en plus intense à des adjuvants et à des aides divers. Les agriculteurs ont cherché, lorsque cela était technologiquement, socialement et économiquement possible, à recourir à des équipements de production de plus en plus efficaces et de plus en plus productifs à l'égard de leur travail (CARILLON, 1983).

On définit les différents niveaux de mécanisation en fonction du type d'énergie utilisée : énergie humaine, animale ou mécanique, ces différents niveaux pouvant être présents, simultanément, au sein d'une même exploitation.

A un niveau global on peut mesurer le degré de mécanisation par le nombre de travailleurs ou de tracteurs ou d'animaux de trait en fonction de la surface travaillée ou de la production.

Au niveau de l'exploitation agricole, la productivité du travail est fonction de son degré de mécanisation et l'analyse en est faite par l'observation des activités sur la parcelle, à niveau de l'unité de production et sur la durée du calendrier agricole.

Au Brésil, du fait de la grande variété dans la distribution du foncier on ne peut considérer un seul niveau de mécanisation ; de la même manière, la fixation de l'agriculture dans des régions récemment colonisées demande la mise au point de techniques agricoles qui permettent la préservation et la conservation des sols.

(*) CIRAD/CEEMAT.

(**) EMBRAPA/CNPMS, Brésil.

En fonction de ces conditions, les recherches en machinisme agricole doivent répondre à deux nécessités complémentaires :

— la définition de différents niveaux de mécanisation correspondant à la diversité de taille des exploitations agricoles viabilisant aussi bien la petite exploitation, dont la part est importante dans la production agricole, que les grandes exploitations.

— rendre possible la réalisation de pratiques culturales appropriées aux conditions spécifiques des sols et du climat brésiliens.

Lorsque l'on introduit une nouvelle machine (ou technique), on remet en cause l'équilibre précédent de l'exploitation (coûts de production, rapports dans le travail, qualité du travail humain, productivité et donc mécanisation des autres opérations, etc.), il faut donc disposer de solutions complémentaires ou de rechange pour faciliter le passage de l'entreprise vers l'équilibre suivant (LE MOIGNE, 1981).

Il est donc nécessaire d'évaluer avec une précision suffisante le système de mécanisation défini comme «un ensemble d'équipements organisé en fonction d'un objectif de production», et ceci plus particulièrement dans les conditions réelles d'utilisation au champ en complément des évaluations et essais en laboratoires et pistes d'essais (plusieurs centres au Brésil : CENEA-Sorocaba, DEA-Jundiai, CEMA-Pelotas).

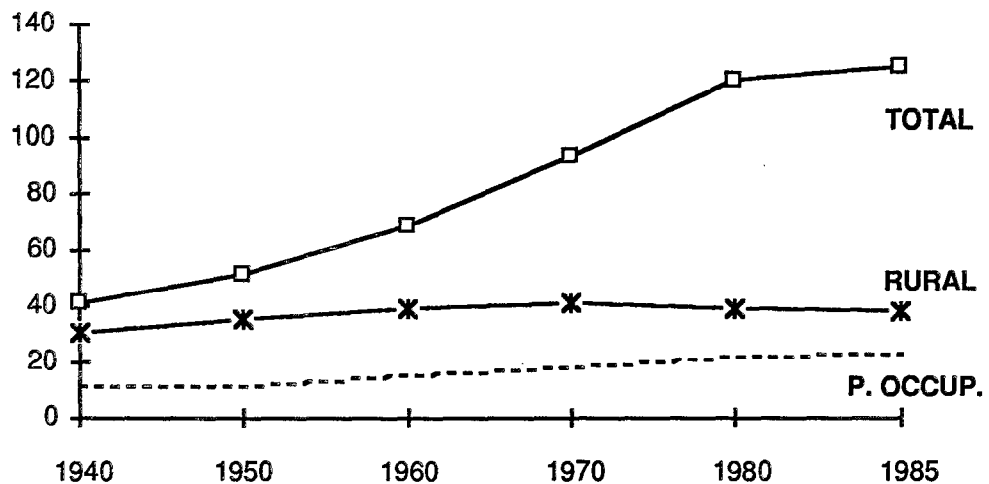
Ces évaluations directement dépendantes des conditions de travail imposent des restrictions qui ne peuvent être résolues que par l'utilisation de l'électronique et de l'informatique.

I — QUELQUES TRAITS DE L'AGRICULTURE BRÉSILIENNE ET DE SA MECANISATION

1. Population et production agricole

Alors qu'elle représentait 69 % de la population totale en 1940, la population rurale n'en représente plus que 27 % en 1985(1), mais la part relative de la population «occupée(2) dans les activités agricoles» a moins diminué puisque les chiffres sont respectivement de 27 % et de 18 % de la population totale (Fig. 1).

Fig. 1 — Evolution de la population brésilienne 1940 - 1985
(en millions d'habitants)

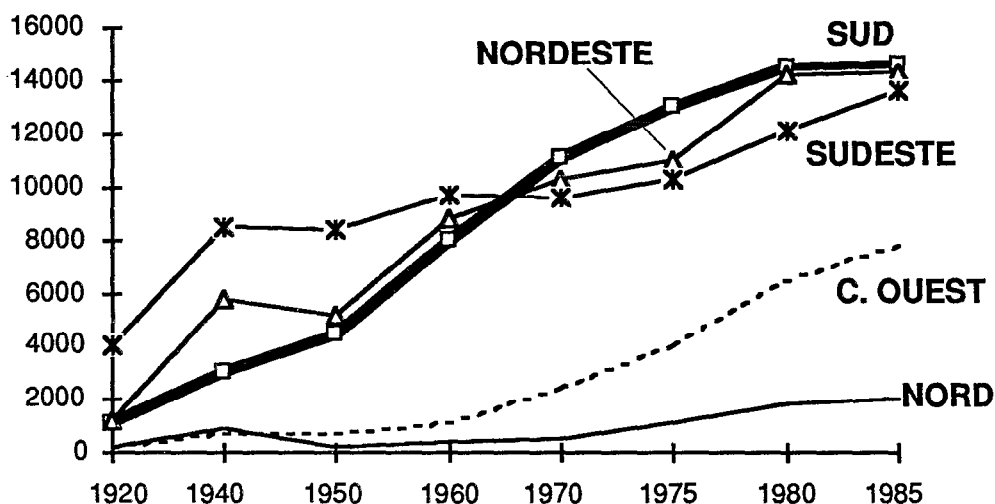


(1) IBGE : Institut brésilien de géographie et économie.

(2) Définition de l'IBGE : toutes les personnes, rémunérées ou non qui, le 31 Décembre de l'année du recensement, exécutaient des travaux liés aux activités de l'exploitation.

Par contre les surfaces cultivées ont beaucoup augmenté (Fig. 2).

Fig. 2 — Evolution de la surface cultivée 1920 - 1985



les productions agricoles évoluent selon la destination des produits

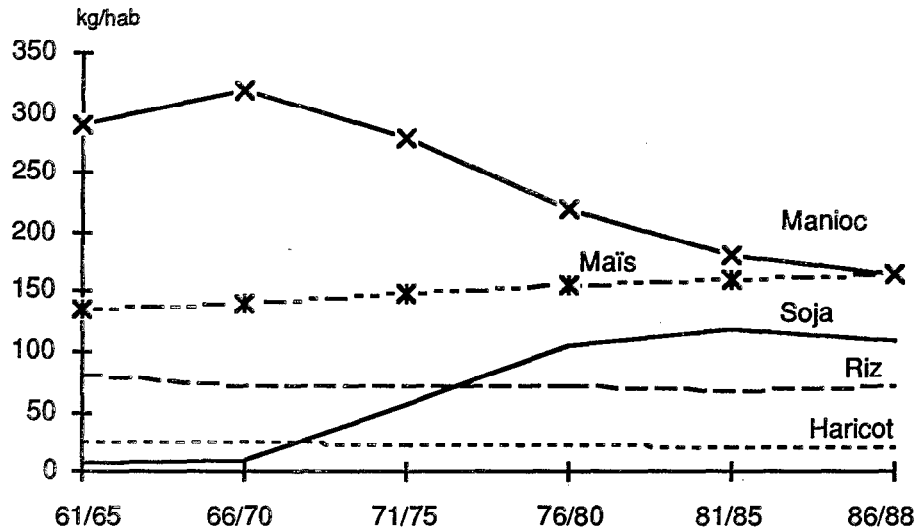
Cependant, les productions agricoles évoluent différemment et, en 1987 plus de 90 % de la valeur de la production agricole sont représentés par le coton, l'arachide, le riz, la banane, la pomme de terre, le cacao, le café, la canne à sucre, le haricot, l'orange, le manioc, le maïs, le soja, la tomate et le blé. Parmi ceux-ci on observe, au cours des trois dernières décennies des évolutions très différentes selon la destination des produits (alimentation ou exportation ou énergie). En effet, si la production de soja, canne à sucre, cacao et maïs a beaucoup augmenté par contre le manioc, le haricot et le riz sont restés stationnaires ou a beaucoup moins progressé au point que la production par habitant a même régressé de 1960 à aujourd'hui (Fig. 3). En fait, l'analyse de l'évolution des rendements pour cette période montre que ceux-ci ont diminué pour les produits alimentaires alors qu'ils ont augmenté pour les autres ; les gains de production de ces cultures (lorsqu'il y en a) ont donc été essentiellement obtenus par augmentation des surfaces cultivées.

obtenues en majorité dans les exploitations de moins de 50 ha

En ce qui concerne la répartition du foncier, il est bien connu que 90 % des exploitations ont moins de 100 ha, et qu'elles ne représentent que 20 % de la surface agricole totale. Les exploitations de 50 ha et moins participent pour plus de 50 % de la production de coton, arachide, banane, tabac, pomme de terre, haricot, manioc, maïs et tomate et plus du tiers des autres produits (exclusion faite de la canne à sucre).

En fait, 70 % de la production de pomme de terre, maïs, haricot, tomate et manioc, sont réalisés dans des exploitations de moins de 50 ha. D'ailleurs, au cours de la période 1980/1985 on a observé une augmentation relative des exploitations de moins de 10 ha ; plusieurs auteurs émettent l'hypothèse que cette augmentation serait due essentiellement à l'influence de la récession économique qui sévit au Brésil et provoquerait la formation de très petites exploitations principalement sous la forme instable de métayage ou occupation (CAVALCANTI, 1990).

Fig. 3 — Evolution de la production par habitant du manioc, maïs, soja, riz et haricot



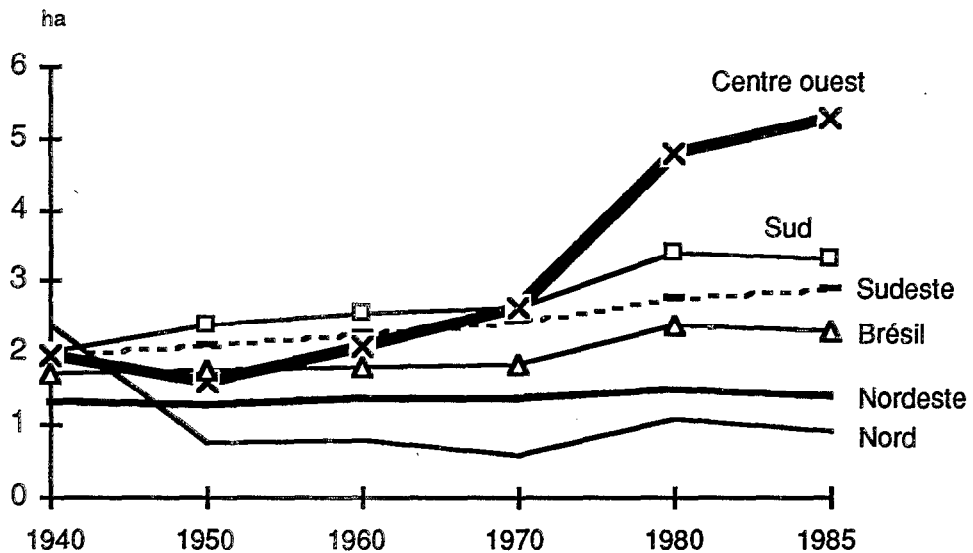
2. Mécanisation de l'agriculture brésilienne

a) Production agricole et utilisation de la main-d'œuvre

augmenter la
productivité du travail

La croissance de la production agricole s'est faite grâce à divers facteurs parmi lesquels nous pouvons isoler l'augmentation de la productivité du travail (Fig. 4).

Fig. 4 — Surface cultivée/main-d'œuvre 1940/1985



L'analyse par région (décade 1970/1980) montre des différences importantes entre celles-ci.

en partie par la
mécanisation

Le plus fort taux de croissance de ce facteur se rencontre dans la région Centre-Ouest-Cerrados, (Fig. 4). Cependant, la région Nordeste, dont la surface cultivée est semblable aux autres régions (Fig. 2) présente un taux de croissance plus faible et une surface/UTH faible (1,4) ; la mécanisation dans cette région n'a pas atteint le niveau des autres.

Par contre il semble que la croissance importante de la production dans la région Sudeste ne se soit pas faite essentiellement par la mécanisation.

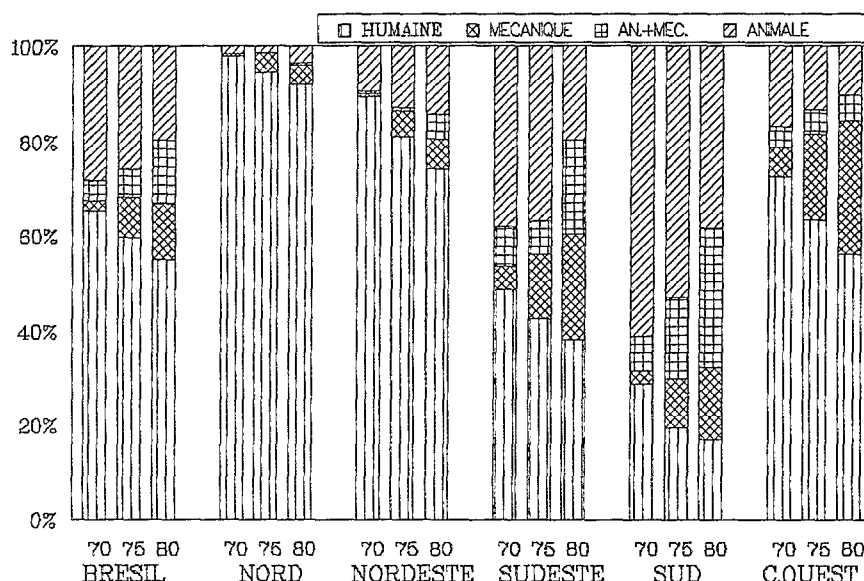
b) Sources d'énergie

L'introduction de l'énergie mécanique a été importante, surtout à partir de la période 70/80, sans que l'énergie animale soit totalement abandonnée comme le montre l'augmentation des exploitations qui utilisent les deux énergies. Il faut remarquer les différences importantes entre régions (Fig. 5).

sans abandonner la
traction animale

Entre 1970/1980 les régions Nordeste et Nord ont seules connu une croissance du nombre d'exploitations qui utilisent la traction animale.

Fig. 5 — Evolution des sources d'énergie utilisées en agriculture



c) Tracteurs et matériels agricoles

une réduction du
nombre de tracteurs
mais un gain en
puissance

L'industrie des tracteurs agricoles s'est installée en 1960, mais les tracteurs avaient pénétré l'agriculture brésilienne bien avant. En 1961, la capacité de fabrication installée était de 21 000 unités par an, et après 1976, elle atteignait 100 000 environ.

De fait, l'industrie de tracteurs a bénéficié d'une politique de crédit qui a duré jusqu'en 1976, date à partir de laquelle il y eut réduction régulière des ventes et équipements. En 1976, 74 000 tracteurs ont été vendus et seulement 31 000 en 1990, soit une chute des ventes de 58 % entre 1976 et 1990. Cependant, il faut noter que la puissance moyenne des tracteurs fabriqués et vendus n'a cessé d'augmenter (de 73 CV en 1980 à 85 CV en 1990).

Ainsi, si le nombre total de tracteurs a à peine augmenté de 5,3 % de 1980 à 1990 par contre la puissance totale est passée de 25 millions de CV à 41,5 millions en 1990, soit une augmentation de 66 %.

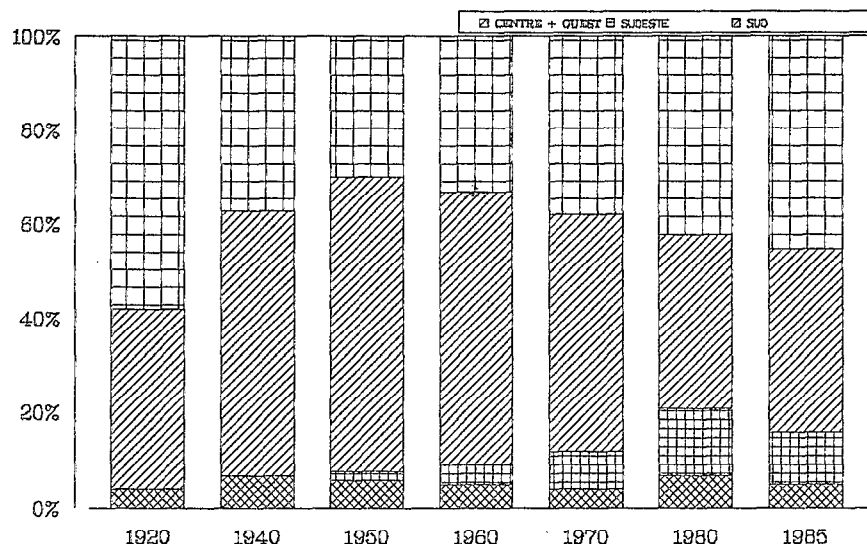
Mais il faut rapporter cette évolution du parc à celle des surfaces cultivées par tracteur (463 ha en 1960, 205 en 1970, 90 en 1980, 80 en 1985) et de la puissance/ha (0,51 CV/ha en 1980 à 1,55 CV/ha en 1985).

équipement inégal
selon les régions

En 1985, on observe les différences importantes entre région, le Nordeste avec une surface cultivée équivalente aux autres n'a que 6 % du parc. Les régions Sud et Sudeste représentent 54 % de la surface et 79 % des tracteurs (Fig. 6).

A partir de 1985, les ventes ne compensent plus le remplacement du matériel réformé (estimé à 10 % par an) et on observe une diminution du nombre de tracteurs et de la puissance totale. On dénombre aujourd'hui dix fabricants de tracteurs avec de nombreux modèles dont la puissance nominale varie de 18 à 276 CV, en version deux roues motrices, quatre roues motrices ou tracteurs à chenilles, mais, deux fabricants seulement, proposent des tracteurs d'une puissance inférieure ou égale à 40 CV ; il s'agit de Agrale avec trois modèles et Yanmar avec deux modèles (le tracteur Yanmar étant proposé en version deux ou quatre roues motrices).

Fig. 6 — Evolution du parc de tracteurs en fonction des régions



d) Culture attelée

Nous avons pu observer que le pourcentage d'exploitations non mécanisées est important et que la culture attelée est encore très présente au Brésil. La répartition des animaux de trait en fonction des régions du Brésil montre que ceux-ci sont encore en nombre important en 1980 même dans les régions où la motorisation est bien avancée. Cependant, les taux de croissance montrent que l'utilisation des bœufs de trait était en régression au cours de la période 1975/1980 dans toutes les régions excepté le Nordeste.

en régression

La figure 7 nous permet d'avoir une vue synthétique du degré d'équipement de chaque région et on peut constater que les régions du Sud et du Sudeste sont plus mécanisées aussi bien en traction animale que mécanique.

et inégalement mécanisée

Fig. 7 — Surface cultivée en ha en fonction du type de matériel, de la main-d'œuvre et des animaux de trait

Région	Charrues T	Charrues T.	M.O.	Tracteurs	Bovins	Mulets
Brésil	34	103	2,7	106	26,26	43,02
Nord	1.898	958	1,6	459	104,27	74,00
Nordeste	76	653	1,9	475	29,98	29,33
Sudeste	36	62	3,0	64	26,05	31,62
Sud	16	63	3,7	69	16,99	110,02
C-Ouest	150	122	5,7	120	64,14	59,45

Source I.B.G.E. Anfavea, Abimaq (3)

(3) ABIMAQ : Association brésilienne de l'industrie de machines et équipements.

e) Les industries

en grande partie
brésiliennes

Les industries de machines et outils agricoles sont concentrées principalement dans les régions Sudeste (Sao Paulo) et Sud.

A l'exception des industries de tracteurs et moissonneuses batteuses, pour la plupart filiales de multinationales, les industries de matériels et outils sont brésiliennes (pour la plupart de descendants d'immigrants italiens).

Deux grandes industries dominent le marché (Baldan et Marchesan) avec 300 000 m² et plus de 3 000 employés chacune.

et souvent artisanales

Dans la région Sud (Santa Catarina et Rio Grande do Sul), on trouve un grand nombre de petites industries souvent artisanales qui adaptent leur fabrication à la demande locale.

II — UNE RECHERCHE EN MECANISATION

1. Un projet de recherche développement

Dans le cadre de la convention EMBRAPA/EMBRATER/CEEMAT, qui a été signée et a débuté en 1980, le CEEMAT travaille en étroite collaboration avec les services de recherche (EMBRAPA(4)) et les services de vulgarisation (EMBRATER(5)) dans un projet dont les objectifs sont :
«Etude, définition, développement et diffusion de matériels et équipements de culture attelée, manuels et équipements motorisés adaptés aux conditions des petits et moyens producteurs du Brésil.»

Ce projet de recherche-développement était jusqu'en 1987 uniquement orienté sur la culture attelée et a permis plusieurs réalisations comme :

était orienté sur la
mécanisation de la
traction animale

— La relance de la culture attelée dans l'ensemble du Brésil.

— Le transfert d'une technologie polyvalente (Tropiculteur, Ariana et Sine) et la création de matériels nouveaux sur le marché brésilien (faucheuses, pulvérisateurs, semoirs, cloisonneurs de sillons à traction animale).

— La programmation et la réalisation d'actions de recherche dans le Centre de recherche du tropique semi-aride (CPATSA/EMBRAPA), avec pour objectifs :

- La mise au point de systèmes de culture pluviale pour le Tropic Semi-Aride.
- Le conseil et l'orientation pour la fabrication des matériels.
- La formation et l'encadrement d'agents de vulgarisation aux techniques et matériels nouvellement introduits (formation directe par sessions de une semaine puis installation chez les producteurs d'unités de démonstration ou d'observation - 1250 en 1985/86 - définies en fonction d'ensembles d'équipements de culture attelée).
- L'organisation de séminaires régionaux réunissant des chercheurs, vulgarisateurs et enseignants sur le thème de la mécanisation des petites et moyennes exploitations agricoles.

pué sur une
mécanisation adaptée
aux exploitations

En 1987, la coopération se développe avec le CNPMS (Centre national de recherche pour le mil et le sorgho dans le Minas Gerais). Le programme, tout en gardant la traction animale comme thème de recherche et de vulgarisation, s'est orienté vers la prise en compte et l'étude de tous les moyens de mécanisation des petites et moyennes exploitations agricoles, avec comme objectifs l'étude, la recherche et la diffusion de systèmes mécanisés adaptés à ces exploitations.

(4) EMBRAPA : Entreprise brésilienne de recherche en agriculture et élevage.

(5) EMBRATER : Entreprise brésilienne d'assistance technique et d'extension rurale.

2. Un programme de formation - vulgarisation

Le programme mécanisation des services de vulgarisation comportait divers volets déjà organisés :

- Formation en culture attelée des vulgarisateurs.
- Suivi d'unités de démonstration en culture attelée.
- Formation en conduite, entretien, réglage et utilisation des tracteurs et outils (Santa Catarina).

pour les agents de vulgarisation

De plus en plus se faisait ressentir le besoin de prendre en compte, dans les actions de formation des équipes d'agents de la vulgarisation chargés du machinisme agricole, les aspects choix des équipements et planification de leur utilisation.

en stages

* Pour cela, ont été organisés des stages de deux semaines, ayant pour objectif de former des vulgarisateurs à l'analyse, le choix et la planification de la mécanisation de petites et moyennes exploitations agricoles. Les cours théoriques ont été organisés avec la participation de divers chercheurs de l'EMBRAPA (et de l'IRAT) et de responsables en machinisme et gestion agricole de l'EMBRATER. Ils ont été complétés par une étude de cas portant sur une exploitation et son équipement.

* D'autre part, ont été proposées des formations des vulgarisateurs à l'organisation et au suivi d'associations de producteurs pour l'utilisation en commun des matériels. Ces stages ont été organisés de façon très pratique avec une participation des vulgarisateurs aux activités des associations sur une période de trois semaines. A la fin du stage, et à la suite d'un échange d'expériences, les stagiaires ont préparé un projet adapté à leur région et aux associations qu'ils encadrent ou qui sont en voie de montage.

L'organisation de ces formations a confirmé que les connaissances nécessaires (plus particulièrement les performances et les conditions d'emploi des matériels) à l'évaluation des équipements et à la planification de l'utilisation des systèmes mécanisés étaient très incomplètes. C'est pourquoi les programmes de recherche menés avec les chercheurs de l'EMBRAPA (qui ont participé comme enseignants aux stages) ont été orientés de façon à prendre en compte ces constatations.

3. Des recherches ponctuelles

L'évaluation d'un système mécanisé dépend :

- De facteurs techniques directement liés au matériel, c'est à dire la capacité de réaliser le travail recherché dans les conditions définies (exemple : densité de semis du maïs).
- De facteurs liés à l'ensemble cellule motrice-outil, (rendement opérationnel, dimensionnement des outils), ces facteurs étant évalués par des mesures de puissance, de consommation d'énergie et de temps de travaux à la parcelle et en chantier.
- De facteurs économiques (coûts d'utilisation du matériel, recours à un travail en entreprise, associations pour l'utilisation du matériel).

une évaluation des systèmes mécanisés difficile

Actuellement, plusieurs points rendent difficile l'évaluation des ensembles mécanisés :

- Le coût d'utilisation d'un équipement dépend non seulement d'une machine ou d'un travail mais de tout le système mécanisé, la cellule motrice devant être compatible avec l'ensemble des outils.
- Le rendement opérationnel d'un matériel peut être affecté par celui d'un autre (exemple du chantier de récolte où le transport et le séchage peuvent ralentir la moissonneuse batteuse).
- Les éléments de calcul du coût d'utilisation d'un matériel déterminé ne sont pas tous bien connus (exemple consommation réelle de combustible pour des conditions de travail déterminées).
- Un autre facteur mal défini est le coût des retards dans la réalisation des travaux, pertes à la récolte mais aussi augmentation du coût d'utilisation du matériel en dehors des conditions idéales (labour en soi trop humide ou trop sec).
- Ces éléments d'évaluation dépendent aussi de facteurs liés à l'unité de production :
 - surface totale, assolement, parcellaire, ...
 - main-d'œuvre disponible, régime de travail

parce qu'ils sont interdépendants

mal connus

liés à l'unité de production

ou au climat

— Enfin, nous pouvons citer les facteurs d'ordre climatiques et agronomiques qui définissent les périodes optimales de réalisation des travaux (jours disponibles).

Dans ce vaste contexte deux actions prioritaires, relatives à la mécanisation de la culture du maïs, ont été engagées au CNPMS(6) après études et concertations avec les producteurs de maïs.

Il a été constaté un déphasage important entre les progrès de la recherche (variétés adaptées, hybrides, efforts de vulgarisation, etc) et les résultats en terme de production et rendements chez les producteurs (et plus particulièrement à l'occasion du lancement d'une nouvelle variété mise au point par le CNPMS, l'hybride BR 201).

mais cette évaluation a permis de réaliser deux opérations de recherche

Une enquête, réalisée dans une région d'agriculture moderne et très mécanisée de l'état de São-Paulo, a montré que l'une des raisons essentielles de cet état de fait était la faible densité de semis obtenue avec les semences conseillées sans que l'on puisse en connaître la cause réelle : matériel de semis, utilisateurs, classification et calibrage des semences, ...

La première opération de recherche s'est naturellement imposée : essais de semoirs en conditions réelles.

Conjointement, est apparue la nécessité d'une meilleure connaissance technique et économique des systèmes mécanisés pour les faire évoluer vers des solutions plus rentables et surtout plus sécurisantes.

Une deuxième opération de recherche a donc été mise en place afin de mesurer les consommations énergétiques et les performances des équipements pour différentes opérations culturales.

a) Essais de semoirs-épandeurs d'engrais en maïs

comparaisons de 9 semoirs en conditions réelles

L'objectif de ces essais est de comparer en conditions d'utilisation réelles les performances des semoirs afin d'obtenir une densité de semis d'environ 50.000 pieds/ha, pour les diverses variétés de maïs utilisées par les producteurs et recommandées par la recherche agronomique.

Ces essais ont eu lieu pendant trois années consécutives, avec l'appui de l'ABIMAQ/SINDIMAQ (7).

Neuf modèles de semoirs-épandeurs d'engrais, provenant de cinq fabricants ont été essayés (Fig. 8).

Ces équipements se différencient principalement par :

- leur système de distribution (pneumatique, à disque horizontal ou mécanique à doigt) ;
- leur taille : deux rangs portés sur trois points ou quatre rangs traînés.

Les essais ont été réalisés, sur des parcelles du CNPMS, respectant le protocole accepté par chaque participant.

selon un protocole très strict

Les semoirs ont été fournis par les fabricants et les réglages effectués par les techniciens de chaque marque, présents aux essais.

Les contraintes imposées furent les suivantes :

- semis à la densité de 50 000 pieds/ha (5 plants au mètre ; espacement de 1 m entre lignes) ;
- profondeur de semis : 6 cm ;
- distribution de 200 kg/hectare d'engrais ;
- trois conditions de vitesse :
 - imposée : 5 km/h
 - imposée : 6,5 km/h
 - libre : supérieur à 7 km/h ;
- trois répétitions pour chaque vitesse ;
- un aller-retour sur chaque parcelle.

(6) Centre National de Recherche sur le Maïs et le Sorgho.

(7) ABIMAQ : Association brésilienne de l'industrie de machines et équipements.
SINDIMAQ : Syndicat national de l'industrie du machinisme.

Fig. 8 — Caractéristiques principales des semoirs testés.

	TATU STPL	TATU PST	JM 2000 S	JM 2040	PP FA 68	PL 2000	PS MASTER	PAR 2800	TMS
— 2 rangs									
— 4 rangs									
— Distribution de semences									
• par disque horizontal									
• pneumatique									
• mécanique à doigts									
— Distribution d'engrais									
• par vis sans fin									
• par assiette									
• par hélice									
— Mise en terre semences et engrais par disque double									
— Attelage :									
• 3 points									
• traîné									
— Capacité de la trémie : (kg)									
• semences	80	160	160	80	144	49	120	200	160
• engrais	80	600	700	100	560	134	1200	600	400
— Poids : (kg)	420	1755	1640	336	1560	430	2480	2420	1900
— Puissance nécessaire (cv) : ⁽¹⁾	50	70	70	40	70	45	75	80	70

(1) Cette puissance est indiquée par les constructeurs

Le premier jour des essais a été consacré aux réglages. Des parcelles prévues à cette effet ont été mises à disposition de chaque responsable des entreprises. Les semences (Cargill 303, classification 22 courte) et l'engrais (4-14-8) furent fournies par le CNPMS et sont aux normes officielles brésiliennes. Le pouvoir germinatif (94%) a été déterminé avant et communiqué.

Toutes les mesures ont été faites sur chaque ligne de distribution, pour chaque vitesse et chaque répétition, ce qui a nécessité 9 parcelles pour chaque semoir, chaque parcelle mesurant 800 m² (10 * 80 m). L'ensemble est irrigable par pivot pour éliminer tout risque climatique.

Les différentes parcelles furent attribuées par tirage au sort. Chaque essai a été suivi par une équipe du CNPMS afin de relever les temps de travaux et vérifier que le déroulement des essais est conforme aux normes fixées.

* **Les mesures** : trois vitesses d'avancement représentatives des conditions rencontrées dans les champs ont été choisies. Pour chacune d'entre elles, une note pondérée par des coefficients a été octroyée à chaque matériel en fonction de critères relatifs à la distribution des engrais et des semences.

les mesures
quantitatives sont
notées

— Engrais (note sur 30) : celui-ci est recueilli dans des sacs disposés à la sortie des tubes de descente de chaque ligne puis pesé. On obtient ainsi la quantité épandue par hectare mais aussi la variation entre les lignes.

— Semences (note sur 70) : les mesures concernant les qualités du semis sont réalisées au vingtième jour sur 40 m au centre des parcelles lorsque la vitesse de l'ensemble tracteur-semoir est stabilisée.

Plusieurs caractéristiques sont prises en compte :

- La densité (note sur 40) est évaluée par comptage ;
- La régularité (note sur 15) est évaluée par la mesure de la distance entre chaque plant ;
- La profondeur (note sur 15) est déterminée en mesurant la distance entre le niveau du sol et l'extrémité inférieure de la graine.

et pondérées selon la qualité du travail

Ces mesures sont pondérées par l'évaluation des conséquences du passage des semences dans le système mécanique.

Pour cela des tests sont réalisés sur des semences recueillies à la sortie du distributeur :

- vitesse de levée
- vigueur (test de HOPE et vieillissement précoce)
- germination

* **Les résultats** : les notes par critères sont regroupées dans la figure 9 et permettent un classement des appareils mais elles traduisent mal l'analyse qui a été faite et que l'on peut résumer ainsi :

l'analyse des résultats

1) Dose d'engrais : elle est globalement obtenue à 20 % près (sauf pour PL 2 000) et quelle que soit la vitesse. Cependant, presque tous les semoirs à 4 rangs présentent des variations de débit importantes entre les lignes d'épandage ; le réglage du débit doit donc se faire par un étalonnage de tous les distributeurs.

2) Densité et régularité du semis : un seul semoir a permis d'obtenir la quantité de semences désirées (PPFA 68). Les densités obtenues diminuent avec la vitesse et les différences entre rangs sont souvent importantes ; là aussi, le réglage doit se faire par un étalonnage de tous les distributeurs. De plus, les réglages sont souvent difficiles et parfois limités d'origine.

3) Profondeur de semis : très irrégulière, quelle que soit la vitesse et pour tous les semoirs.

a permis de faire évoluer le matériel

Ces résultats ont permis de faire évoluer la construction des distributeurs de semences qui peuvent maintenant assurer dans de bonnes conditions le semis, la variété de représentativité (Cargill 303, classification 22 courte).

Fig. 9 — Tableau des notes obtenues par les différents semoirs

NOTES OBTENUES	TATU STPL	TATU PST	JM 2000 S	JM 2040	PP FA 68	PL 2000	PS MASTER	PAR 2800	TMS
— Vitesse 5 km/h									
• Distribution d'engrais (/30)	16,0	16,7	25,2	24,1	16,2	10,0	22,1	13,5	16,7
• Densité (/40)	35,0	23,7	28,0	36,5	37,3	35,2	34,8	22,1	30,5
• Profondeur de semis (/15)	5,6	7,5	15	1,9	7,5	3,8	0		
• Régularité (/15)	6,6	0	13,1	9,4	0	0	14,1	9,4	5,6
TOTAL (/100)	63,1	47,9	81,4	71,8	61,0	49,0	71,0	45,0	52,8
— Vitesse 6,5 km/h									
• Distribution d'engrais (/30)	10,5	27,9	29,3	18,9	19,2	0	18,5	10,0	15,6
• Densité (/40)	31,1	26,8	21,6	37,2	32,1	35,8	32,9	22,8	32,7
• Profondeur de semis (/15)	3,8	13,1	3,8	9,4	0	3,8	9,4	13,1	0
• Régularité (/15)	13,1	3,8	2,8	7,5	0	1,8	15	9,4	2,8
TOTAL (/100)	58,5	71,6	57,5	73,0	51,4	41,3	75,7	55,2	51,2
— Vitesse libre									
• Distribution d'engrais (/30)	14,9	23,0	31,8	29,4	22,6	0	14,6	11,5	11,1
• Densité (/45)	34,9	23,5	23,3	45,0	38,3	36,8	37,9	17,4	29,8
• Profondeur de semis (/15)	3,1	6,3	1,3	8,8	1,3	6,3	5	10	0
• Régularité (/10)	8,8	6,3	0	1,3	0	0	8,8	6,3	5
TOTAL (/100)	61,7	59,1	56,4	84,3	62,2	43,1	66,3	45,1	45,9

* **Mesures complémentaires** : en parallèle avec ces essais et grâce à la chaîne de mesure électronique mise au point par le GEEMAT, l'équipe de mécanisation du CNPMS a déterminé :

- la consommation en combustible,
- la puissance moyenne développée,
- la vitesse réelle d'avancement,
- le rendement horaire et à l'hectare,
- le patinage des roues d'entraînement.

Les résultats sont synthétisés dans la figure 10 et serviront à une évaluation économique et technique des itinéraires pratiqués.

On remarquera, en outre, la valeur du glissement qui explique en partie les doses insuffisantes constatées dans les essais précédents.

et des adaptations
particulières

* **Adaptation des semoirs à une nouvelle variété** : le CNPMS ayant mis au point un nouvel hybride, le BR 201, résistant à la toxicité aluminique caractéristique des sols des Cerrados, il a été constaté que les systèmes de distribution n'étaient pas adaptés. Afin d'y remédier, une action de recherche et adaptation a été rapidement mise en place avec l'aide d'un banc d'essais utilisant les ressources de la chaîne de mesure.

Fig. 10 — Performances mécaniques des semoirs

	Semoir	Patinage Roue motrice %	Vitesse km/h	Consom. diesel l/h	Consom. (1) l/ha	Demande de puissance kw à... Tr/mn	Capacité (2) ha/h
R A N G S	J 2000	7,26 %	4,50	4,26	2,36	4.61 kw à 1.727 rpm	1,80
	PP - F/A 6-8	5,18 %	4,33	4,72	2,73	6.60 kw à 1.730 rpm	1,73
	PSM	5,66 %	4,20	5,33	3,17	9.06 kw à 1.739 rpm	1,68
	PST	7,87 %	4,63	4,69	2,59	5.43 kw à 1.772 rpm	1,81
	PAR 2800	6,34 %	5,69	6,30	2,77	14.7 kw à 1.700 rpm	2,27
	TMS	3,17 %	6,06	5,73	2,36	11.3 kw à 1.726 rpm	2,42
R A N G S 2	J 2040	8,77 %	4,51	4,32	4,79	4.04 kw à 1.753 rpm	0,90
	PL - 2000	5,15 %	4,49	4,32	4,81	4.85 kw à 1.728 rpm	0,89
	STP	3,53 %	4,56	4,62	5,06	4.81 kw à 1.788 rpm	0,91

(1) En l/ha à la vitesse d'avancement de l'essai.

(2) Capacité ha/h à la vitesse d'avancement de l'essai.

b) Consommation d'énergie dans les techniques culturales du maïs

Cette recherche a pour but de mesurer les quantités d'énergie employées en mécanisation pour un cycle de culture du maïs ou sorgho afin de définir l'itinéraire technique (ou les) offrant la meilleure option économique pour le meilleur résultat agronomique possible.

Elle permettra également d'évaluer l'adéquation outil-tracteur et les niveaux de puissance réellement nécessaires.

mesure des
consommations
d'énergie en
mécanisation

• **Méthode :**

Trois types de sols sont considérés :

- Varzea : sol alluvial
- Palmital : sol podzolique
- Cerrado : latosol rouge sombre.

et deux conditions d'humidité :

- «sec», correspondant à l'état du sol lors des préparations avant les premières pluies
- «humide» correspondant au travail après les pluies. Dans le cas particulier de la Varzea (irrigable et de drainage difficile), une 3ème condition, dite «saturée», a été prise en compte car elle correspond à des situations réelles.

L'étude porte sur les neuf outils les plus traditionnellement employés :

- arado de disco : charrue à disques
- arado de aiveca : charrue à socs
- enxada rotativa : houe rotative
- grade pesada : pulvériseur lourd
- grade leve : pulvériseur léger
- subsolador : sous-soleuse
- cultivador : cultivateur
- semeadora-adubadora : semoir/épandeur d'engrais
- plantio direto : semis direct.

9 outils sont testés

grâce à l'emploi de la chaîne de mesure électronique

• **Quelques résultats :**

Actuellement, soixante trois essais sur différents types de sol et d'humidité ont été réalisés. C'est grâce à l'emploi de la chaîne de mesure électronique «embarquée» du CEEMAT que, pour chaque essai, nous avons pu mesurer et calculer des paramètres essentiels caractéristiques des conditions d'utilisation du matériel et du travail réalisé (puissance, consommation, patinage ...). Un extrait de ces résultats est présenté dans la figure 11 pour cinq outils très différents et dans le cas d'un sol de Cerrados à l'état humide.

Fig. 11 — Extraits de résultats obtenus en sol de cerrados humide

Mesures	Pulv. lourd	Houe rotat.	Sous-soleuse	Cultivateur	Charrue à soc
Vit. rot. mot. (t/mn)	1859	1835	1840	1881	1850
Cons. moy. (l/h)	11,3	9,5	8,3	5,8	7,5
Dist. parcourue (m)					
roues AR	130,2	106,3	129,8	119,6	114,7
roues AV	85,6	104,6	110,0	103,6	104,0
Vitesse choisie	3 lente	1 rap.	3 lente	2 lente	3 lente
Larg. de travail (m)	1,70	1,65	1,12	2,46	1,17
Prof. de travail (cm)	10,7	10,9	21,3	11,1	19,9
Vit. réelle (km/h)	3,24	2,15	4,16	2,41	4,40
Patinage (%)	34,2	1,6	15,3	13,3	9,4
Puissance moy. (kw)	31,3	22,4	19,5	9,6	16,6
Puissance max. (kw)	35,1	23,6	20,9	11,0	18,1
Rend. outil (ha/h)	0,55	0,35	0,46	0,59	0,51
Cons. unitaire (l/ha)	20,5	25,6	17,1	9,8	14,7

Ce tableau mérite quelques commentaires :

- Le patinage selon les outils utilisés varie de 1,6 à 34,2 (le seuil couramment admis est 15 %). C'est un indicateur du rendement de l'ensemble tracteur/outil ;
- La puissance maximale nécessaire selon les outils varie de 11 à 35 et donne une très bonne indication de l'adaptation du tracteur à l'outil ;
- Les temps de travaux et les consommations permettent d'établir les calendriers d'intervention et les coûts prévisionnels.

Naturellement, ces valeurs dépendent largement du type et de l'état du sol, toutes autres choses égales par ailleurs.

La figure 12 est un extrait des résultats obtenus sur trois types de sol à des états d'humidité différents.

Fig. 12 — Influence du type et de l'état du sol sur la puissance et la consommation (extraits)

	Type et état du sol	Matériels	Pulv. lourd	Houe rotat.	Sous-soleur	Cultivateur
		Caract.				
PALMITAL	Humide	puissance (kw) consom. (l/ha)	24,5 16,8	16,3 21,5	17,4 15,6	22,1 9,1
	Sec	puissance (kw) consom. (l/ha)	22,5 13,0	14,7 19,1	23,5 13,1	23,9 9,9
CERRADO	Humide	puissance (kw) consom. (l/ha)	31,3 20,5	22,4 25,6	19,5 17,1	9,6 9,8
	Sec	puissance (kw) consom. (l/ha)	25,2 14,2	16,3 20,2	19,8 19,5	9,1 9,5
VARZEA	Humide	puissance (kw) consom. (l/ha)	23,3 13,3	20,8 23,3	23,3 19,9	13,7 11,1
	Sec	puissance (kw) consom. (l/ha)	33,2 13,0	16,1 20,0	19,7 14,3	20,1 6,9

On constate que :

les résultats permettent d'évaluer l'adéquation entre le tracteur et l'outil

— Pour un même outil, puissance et consommation varient selon le type et l'état du sol, ... mais pas toujours dans le même sens. Ceci exprime le rendement énergétique de l'ensemble tracteur/outil et de son adaptation aux conditions de sol ;

— Pour une condition de sol définie, il existe des différences de comportement des ensembles «tracteur/outil». L'un d'entre-eux est mieux adapté que les autres.

En connaissant, selon ces critères, chacune des façons culturales, on peut raisonner les itinéraires techniques comme une somme d'interventions.

Par exemple, la figure 13 permet de comparer divers itinéraires de préparation du sol et de semis pour le maïs, par rapport à l'intrant «carburant» et pour diverses conditions de sol.

et de choisir un itinéraire technique

On constate que :

— selon les conditions de sol, la consommation d'énergie d'un itinéraire technique peut varier de 25 %,

— pour une même condition de sol, la consommation d'énergie entre divers itinéraires techniques peut varier de 25 %.

Les résultats de ces essais ont été communiqués aux utilisateurs par l'intermédiaire du SINDIMAQ et ils seront publiés dans la presse spécialisée.

Fig. 13 — Consommation du tracteur pour divers itinéraires de préparation du sol en fonction du type et de l'état hydrique du sol.

Itinéraires	PALMITAL		CERRADO		VARZEA	
	Hum	Sec	Hum	Sec	Hum	Sec
1) charrue disques	18,5	15,2	19,3	13,8	23,8	17,1
pulv. léger (2 pass.)	12,9	11,4	11,5	9,2	10,7	11,4
cultivateur (2 pass.)	19,7	18,2	19,0	19,7	13,7	22,2
semoir	3,1	3,2	3,0	2,6	3,4	3,3
TOTAL	54,2	48,0	52,8	45,3	51,6	54,0
2) charrue socs	16,4	22,2	13,8	14,7	14,3	21,3
pulv. léger (2 pass.)	12,9	11,4	11,5	9,2	10,7	11,4
cultivateur (2 pass.)	19,7	18,2	19,0	19,7	13,7	22,2
semoir	3,1	3,2	3,0	2,6	3,4	3,3
TOTAL	52,1	55,0	47,3	46,2	42,1	58,2
3) pulvériseur lourd	13,0	16,8	14,2	20,5	13,0	13,3
pulv. léger (2 pass.)	12,9	11,4	11,5	9,2	10,7	11,4
cultivateur (2 pass.)	19,7	18,2	19,0	19,7	13,7	22,2
semoir	3,1	3,2	3,0	2,6	3,4	3,3
TOTAL	48,7	49,6	47,7	52,0	40,08	50,2
4) houe rotative	19,1	21,5	20,2	25,6	20,0	23,3
cultivateur (2 pass.)	19,7	18,2	19,0	19,7	22,2 ¹	22,2
semoir	3,1	3,2	3,0	2,6	3,4	3,3
TOTAL	41,9	42,9	42,2	47,9	45,6	48,8

(1) Cultivateur en sol humide.

c) Bases de références

Les besoins propres à la recherche et les demandes de renseignements émanant de chercheurs, d'agents de vulgarisation et d'utilisateurs nous ont conduit à développer une base de références.

Il s'agit d'un archivage informatisé de prospectus commerciaux concernant les matériels agricoles, les pièces détachées et les outils disponibles au Brésil ou existant à l'étranger et susceptibles d'être utilisés.

CONCLUSION

L'étude de systèmes mécanisés adaptés aux conditions brésiliennes est faite dans le cadre d'une étroite collaboration entre les utilisateurs, les constructeurs et les chercheurs.

L'intérêt des constructeurs se manifeste par une participation financière directe aux travaux comme, par exemple, la construction d'un nouveau banc d'essai pour les semoirs.

De manière plus générale, l'utilisation de la chaîne de mesure électronique mise au point par le CEEMAT permet de constituer un référentiel technique et économique d'appui à la décision.

La recherche dans ce domaine est relativement nouvelle. Elle a montré son intérêt pour le pays dans lequel elle est menée, mais aussi pour le CEEMAT.

Des projets de recherche conjoints ont été proposés aux financements internationaux et en particulier à la CEE pour 1991. Cette dernière vise à réaliser l'adéquation des outils de travail du sol au plateau central du Brésil en faisant évoluer la fabrication locale, en montrant l'intérêt de matériels importés, en définissant les conditions d'utilisation et en déterminant les coûts unitaires des interventions. Elle associe aux structures brésiliennes le CEEMAT, l'Université de Wageningen et le LAGEPHY (8).

BIBLIOGRAPHIE

BORDET D., 1987. Tentative de définition du champ d'étude de l'axe mécanisation. MESRU-CIRAD. CIRAD/CEEMAT, Montpellier, 1987, 7 p.

CARILLON R., 1983. De la population au machinisme agricole. CNEEMA : Antony, Etudes du Cneema, 47 p., tableaux.

LE MOIGNE M., 1981. Contraintes posées par l'insertion de la mécanisation dans les unités de production agricole en Zone Sahélienne. CEEMAT : Antony, Etude méthodologique, 75 p., annexes, tableaux.

Study of mechanized systems in Brazil — V. BARON, S. BERTEAUX, E. C. MANTOVANI, A. DUCREUX.

For the past 50 years, the rural population of Brazil has decreased to a third while the cultivated area has increased threefold. This evolution has occurred owing to strong development of mechanization (especially power mechanization) but with considerable disparity between regions. In 1980, a cooperation agreement was signed between CEEMAT and EMPRAPA for the study of mechanized systems aimed at introducing or adapting equipment to the conditions of small and medium size farms in Brazil. The project took the form of individual research operations, two of which are discussed in the article (seeder design and determination of the performance of various tools under real conditions), training/extension operations for farmers and the building up of a documentary base. The work, whose results were immediately applicable, was carried out in close collaboration with Brazilian researchers, farmers and manufacturers.

Key words: Mechanization - agricultural machinery - evolution - seeder - energy balance - trial in rural environment - Brazil

Estudio de los sistemas mecanizados en el Brasil — V. BARON, S. BERTEAUX, E. C. MANTOVANI, A. DUCREUX.

En los últimos 50 años, ha sido dividida por 3 la población rural brasileña mientras iban triplicándose las superficies cultivadas. Dicha evolución se realizó... motorización), pero con gran desigualdad entre las regiones. En 1980 el CEEMAT y la EMBRAPA firmaron un acuerdo de cooperación para el estudio de los sistemas mecanizados con objeto de introducir equipos o adaptarlos a las condiciones de los pequeños y medianos productores brasileños. Este proyecto se ha plasmado en acciones puntuales de investigación, de las cuales se presentan dos ejemplos en el texto (desarrollo de sembradoras y determinación del rendimiento y comportamiento de varias máquinas en condiciones reales), en operaciones de formación/extensión en las explotaciones, y en la creación de una base documental.

Dichas actividades, que se han traducido en resultados prácticos e inmediatamente aplicables, fueron realizadas en estrecha colaboración con investigadores, agricultores y constructores brasileños.

Palabras clave: Mecanización, maquinaria agrícola, evolución, sembradora, balance energético, experimentación en medio rural, Brasil

(8) LAGEPHY : Laboratoire de gestion physique des sols à Montpellier, associant le CEEMAT, l'IRAT et l'Ecole nationale supérieure agronomique (ENSA.M).