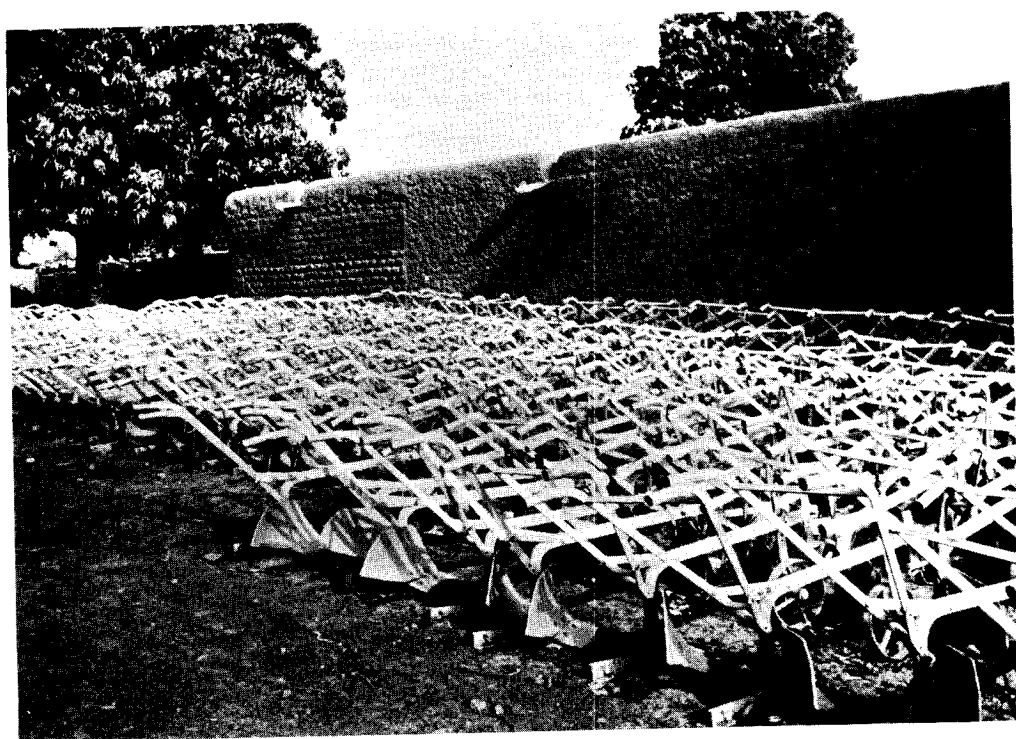


## **Developing Equipment for Animal Traction**

**Studies in Burkina Faso, Senegal, Mali, Zambia, Brazil and India**



# Etude de deux outils attelés : réduction des contraintes de travail du sol en zone sèche

par

G. Le Thiec et D. Bordet

Centre d'Etudes et d'Expérimentation du Machinisme Agricole Tropical (CEEMAT),  
Montpellier, France

## Résumé

*Le travail du sol en zone semi-aride a pour objectif principal de favoriser la rétention des eaux de pluie. L'échec du labour en sol humecté, la quasi-impossibilité du labour en sol sec dans les régions sahéliennes au sud du Sahara ont amené le CEEMAT à développer de nouveaux outils de travail adaptés aux attelages régionaux. La dent CEEMAT a été conçue pour travailler profondément en sol sec ou repris en masse tout en requérant un effort de traction minimal, afin de favoriser l'infiltration des premières eaux de pluie. L'outil roulant (Roliculteur) CEEMAT a été conçu pour travailler superficiellement, mais sur une largeur deux à trois fois supérieure à une charrue sur terrain humecté, afin de conserver l'eau grâce à un effet "mulch" limitant l'enherbement. Les essais préliminaires sur bac à terre en laboratoire ont porté sur la forme, la dimension et l'écartement des lames de l'outil roulant. Les essais ont ensuite été effectués au Botswana (1986 et 1987) et au Burkina Faso (1987). Les caractéristiques du travail réalisé par les outils et leurs comportements mécaniques ont été évalués au moyen des instruments de mesure développés par l'AFRC-Engineering. D'autre part, le travail du sol était jugé visuellement par comptage des mottes et au moyen d'un profilomètre. Ces essais ont fait apparaître une très nette supériorité de l'outil roulant sur les outils à dents (efforts de traction limités et réguliers, pas de bourrage en terrain enherbé). Le montage en position double effet apparut comme le plus satisfaisant. Les premiers prototypes de dents avec ou sans ailettes se sont avérés impropres au travail en sec. De nouveaux modèles ont été essayés. La dent RR s'est révélée être l'outil le plus approprié au travail requis. Les problèmes d'usure ont conduit au choix des aciers les plus résistants.*

## Introduction

En culture manuelle comme en traction animale, la mise en place d'un profil cultural satisfaisant avant les semis est un facteur important du rendement et constitue une des contraintes de travail les plus importantes des exploitations agricoles. Dans les zones soudano-sahéliennes de culture pluviale, la compaction des sols en saison sèche exclut l'utilisation des outils traditionnels tels que houes ou charrues à versoir. Depuis plus d'une décennie, les retards des pluies réduisent d'autant les périodes utiles à la préparation des sols. La prise en masse de ces sols et les croûtes de battance en sols limoneux empêchent l'infiltration des premières pluies et provoquent ainsi de fortes érosions hydriques. La capacité de rétention de ces sols est faible, ce qui nécessite des précautions pour la mise en place des cultures.

Tenant compte de ces facteurs, le CEEMAT a entrepris l'étude et la mise au point d'une dent sous-soleuse pour le travail du sol en sec et d'un cultivateur roulant pour le travail en humide. Les objectifs visés sont les suivants :

- augmenter les possibilités de travail avant les pluies;
- accélérer les travaux des sols après les pluies;
- favoriser les semis précoces.

La conception de ces outils se devait d'être simple pour permettre une fabrication et des réparations artisanales locales, tout en restant compatibles avec les budgets des exploitants.

D'autre part, les efforts nécessaires à leur traction devaient rester à la portée des attelages de bovins sahéliens et ne pas dépasser 1.000 N (Newton). Enfin, leurs temps de travail devaient être concurrentiels avec ceux des méthodes traditionnelles. Ces besoins forment la base du cahier des charges de chaque outil.

#### *Dent sous-soleuse*

Le dent devait être capable d'ouvrir la couche superficielle des sols argilo-sableux pris en masse en saison sèche et d'atteindre une profondeur de 12 à 15 cm, pour favoriser l'infiltration des premières pluies. Le travail du sol réalisé devait laisser un profil de surface motteux avec un minimum d'éléments fins limitant l'érosion éolienne et hydrique.

#### *Cultivateur roulant*

Cet outil doit assurer la préparation directe du sol humide ressuyé en une ou deux passes croisées. Il doit aussi permettre une reprise d'un sol humide travaillé en sec avec la dent sous-soleuse ou après labour à la charrue pour affinage du lit de semences. La profondeur réduite de travail est comprise entre 8 et 10 cm.

### La dent pour le travail en sec

#### Mise au point et essais

Les premiers modèles de dent ont été construits à partir d'une étude et de tests réalisés au Sénégal (Ducreux et Pirot). Trois types d'étauçons ont été réalisés en acier de section 60 x 12 mm, avec huit types de socs amovibles à angle d'entrure variable avec ou sans ailerons (Fig. 1).

Une première série de tests effectués au Botswana a démontré qu'avec ces étauçons et ces socs, il n'était pas possible d'ouvrir un sol argilo-sableux pris en masse durant la saison sèche. D'autres dents ont donc été étudiées, selon les principes suivants :

- réduction maximale de l'épaisseur de la pointe;
- augmentation de l'angle d'entrure;

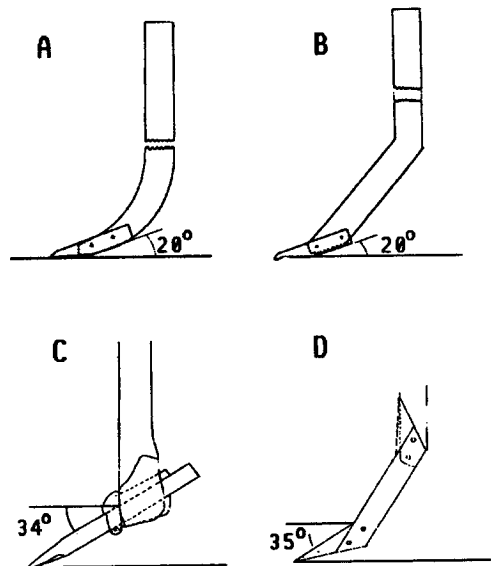
- utilisation de l'effet vibratoire de l'acier à ressort (mangano-siliceux).

Ces travaux ont donné naissance à de nouvelles formes de dents, en particulier une dent réversible à ressort (RR) en acier mangano-siliceux de section 50 x 5 mm, travaillant à la manière d'un couteau très étroit (5 mm) et dont la pointe a un angle d'entrure de 35° (Fig. 1).

Une seconde dent M2 conçue en collaboration avec un artisan français avait les caractéristiques suivantes : étauçon en acier à ressort de 60 x 8, pointe amovible de 8 mm, et un angle d'entrure de 35°. Ce modèle a également donné des résultats satisfaisants lors des essais réalisés au Burkina Faso dans des conditions correspondant exactement aux spécifications du cahier des charges :

- sols argilo-sableux : 12 à 15% d'argile en surface et 10% de limon;
- sol très sec : pas de pluies depuis 8 mois;
- attelage de zébus : 400 kg/tête, en bon état.

Fig. 1 : Les prototypes de dents de travail en sec.  
La dent "D" donne satisfaction.  
(D = dent RR - réversible à ressort)



La dent RR s'est montrée particulièrement efficace, tant en ce qui concerne la pénétration que le profil travaillé et l'état de surface après le travail, mais aussi l'effort exigé : 800 à 900 N, en moyenne. Les observations sur les caractéristiques du travail réalisé étaient effectuées à l'aide d'un profilomètre et un comptage des mottes au mètre linéaire par catégorie de grosseur.

La dent RR atteint une profondeur de travail voisine de 10 cm, qu'il est très difficile de dépasser même en alourdissant la machine. En effet, le taux d'argile peut doubler au niveau du deuxième horizon entre 10 et 20 cm et donc la compacité y est plus forte.

### Conclusions générales sur le travail du sol en sec

Les travaux menés sur deux campagnes par le CEEMAT, avec l'appui de l'Agriculture and Food Research Council (AFRC) pour les prises de données, indiquent que l'éclatement des sols est possible en traction animale grâce à de nouvelles formes de dents et de pointes (Fig. 2). L'une d'elles, dénommée RR, se révèle particulièrement efficace, bien qu'étant de fabrication très simple. Un autre modèle conçu avec la collaboration du CEEMAT offre aussi des possibilités intéressantes.

Les efforts de traction relevés avec le premier modèle sont compatibles avec les capacités d'un attelage bovin sahélien. Les efforts maxima dépassent rarement 1.500 N pour des pénétrations atteignant 15 cm et parfois 20 cm. Par exemple, 750 à 850 N pour une profondeur de 9 à 10 cm dans une terre de 12 à 15% d'argile, ou 650 à 750 N pour une profondeur de 10 à 12 cm et plus dans une terre de 8 à 12% d'argile. Il faut compter environ 10 à 12 heures par hectare pour un simple passage en lignes espacées de 50 cm, à une vitesse moyenne de 2,8 km h<sup>-1</sup> (0,8 m s<sup>-1</sup>). Ce genre de travail peut être entrepris pendant toute la saison sèche, pratiquement de novembre à mai, ce qui réduit l'importance des temps de



*Fig. 2 : Travail à la dent RS 8.  
Ouverture du sol et formation de mottes.  
Profondeur de travail 10 cm  
(Cliché: CEEMAT)*

travaux et des problèmes éventuels de fatigue des attelages.

L'infiltration des eaux de pluies est assurée et la percolation est très importante : 35 cm pour une profondeur travaillée de 9 à 10 cm dans le cas du test à Saria, après une pluie de 32 mm. Ainsi, la première précipitation importante autorise une préparation du lit de semences avec des outils plus classiques, d'où une précocité améliorée des semis et un cycle végétal mieux étendu dans le temps.

Les risques d'érosion éolienne sont réduits par la surface motteuse obtenue et par le peu d'éléments fins qui se rassemblent à la base du profil travaillé (d'après nos observations visuelles).

Des essais en passages croisés ont été réalisés sur une parcelle, de même que des tests avec masses d'alourdissement (25 kg), pour tenter d'accroître la profondeur travaillée. Dans le premier cas, cet accroissement est insignifiant. Sur le type de sol en présence le taux d'argile doublait au niveau du second horizon (10 à

20 cm), et la compacité s'en trouvait renforcée. Dans le second cas, pour les mêmes raisons, l'augmentation de la profondeur obtenue est négligeable : 1 à 1,5 cm pour des efforts de traction multipliés par deux.

Des taux d'argile de 12 à 15% et de limon de 10% semblent donc constituer les limites au-delà desquelles le travail en culture attelée sur sol sec n'est plus réalisable.

La dent de 5 mm s'use naturellement assez vite. Bien que réversible, après 1 et 1,5 ha elle demande à être changée et rebattue par le forgeron. Sa conception très simple permet à l'artisan local de fabriquer cette dent avec son outillage traditionnel.

### Le Roliculteur - cultivateur roulant

Il existe une grande variété d'outils roulants à dents ou à disques, mais tous sont conçus pour la préparation du sol en motorisation conventionnelle et leur taille, leur poids et leur vitesse d'utilisation les rendent inadaptés à la traction animale. Ces outils doivent être employés à des vitesses de plus de  $7-8 \text{ km h}^{-1}$ , alors que les vitesses de traction animale se situent en moyenne entre  $1,5$  et  $3 \text{ km h}^{-1}$  ( $0,4$  et  $0,8 \text{ m s}^{-1}$ ). Pour évaluer les performances d'un outil roulant à ces vitesses, différentes formes de pièces travaillantes montées sur rotor ont été fabriquées, puis testées en laboratoire (bac à terre), en faisant varier l'angle du rotor (par rapport à l'avancement) et les masses d'alourdissement. Le modèle retenu pour la fabrication du premier prototype conservait de nombreuses possibilités de réglages :

- trois à cinq pièces travaillantes par rotor;
- pièces travaillantes à espacement variable;
- angle des rotors variable par rapport à l'avancement;
- montage en position "simple effet" (dite "en V" : les deux rotors montés latéralement) ou en position double effet (dite "offset" : rotors alignés dans le sens de l'avancement);
- possibilités d'alourdissement du châssis.

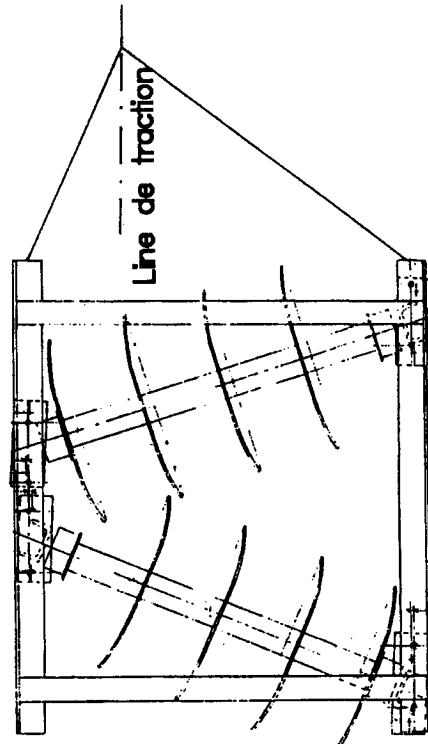
Les premiers essais effectués au Botswana en novembre 1986 ont été satisfaisants et ont permis de fixer les paramètres de construction d'un outil de pré-série qui fut testé au Botswana l'année suivante. Ce cultivateur roulant a été dénommé Roliculteur (Fig. 3 et 4).

### Tests outil roulant

Cette série de premiers essais au Botswana a fait la preuve des performances intéressantes du Roliculteur. La configuration double effet (montage en "offset") laisse une couche de sol entièrement ameublie sur 10 cm de profondeur et 63 cm de largeur, alors qu'en simple effet, bien que l'appareil soit plus stable en ligne, deux passages successifs ne réalisent pas un aussi bon ameublement.

Le constructeur français Ebra a fabriqué l'appareil de pré-série, qui fut testé à nouveau au

Fig. 3 : Roliculteur en position double effet (dite "offset").





*Fig. 4 : Roliculteur au Burkina Faso, marche légèrement en "crabe", avec ligne de traction correcte.  
(Cliché: CEEMAT)*

Botswana en novembre 1987. Les essais et les comparaisons effectuées avec d'autres outils classiques (pulvérisateur, canadien cinq dents) dans différentes conditions d'utilisation et sur des sols variés ont déterminé que la meilleure option est la configuration "offset" (double effet) avec un espacement de 170 mm entre les flasques et un angle de coupe de 20°. Les essais et la mise au point d'un modèle commercialisable se poursuivent actuellement avec la participation d'un industriel français.

### **Conclusions générales sur le Roliculteur**

Le Roliculteur, fabriqué par Ebra selon les plans du CEEMAT, donne entière satisfaction lorsqu'il est utilisé dans les conditions pour lesquelles il a été construit : sol non compact, humide mais ressuyé et dont la végétation adventice n'est pas trop avancée. Ce nouvel outil réalise une bonne préparation du lit de semences jusqu'à une profondeur de 10 cm en terres légères et argilo-sablonneuses. Toute la couche superficielle est retournée et très bien

émiettée. Lorsque le sol possède un peu de cohésion, le profil de fond présente un micro-relief : les impacts des lames, séparés par de minuscules bosses de 3 à 4 cm de hauteur disposées en quinconce, forment de petites cuvettes qui peuvent favoriser l'infiltration des eaux de pluies. Il n'y a en aucun cas formation d'une semelle de labour. Le Roliculteur laisse un terrain bien plat en surface et nivelé qui facilite l'utilisation du semoir, sans autre intervention intermédiaire (hersage).

Travaillant en "offset", c'est-à-dire déporté par rapport au centre, un animal marche obliquement sur la terre déjà travaillée, ce qui peut constituer un léger inconvénient. La largeur travaillée par la configuration "offset" avec deux rotors de quatre flasques espacés de 170 mm est constante : 62 à 63 cm. On peut donc estimer à 15 cm la largeur travaillée par flasque, ce qui donne au Roliculteur une vitesse de travail presque trois fois supérieure à celle d'une charrue. On peut donc espérer travailler un hectare en un jour et demi (rende-

ment pratique : 8 à 10 h ha<sup>-1</sup>). Les efforts de traction sont remarquablement faibles : 700 à 800 N et cela avec très peu de variance : moins de 20%, ce qui logiquement fatiguerait moins l'attelage que les outils classiques où les coefficients de variation dépassent 30%. Avec des attelages plus puissants (Afrique Australe et Madagascar), deux roliculteurs accouplés en forme de "X" pourraient travailler sur une largeur de 1,20 m. Nous prévoyons également de tester d'autres versions avec cinq à six flasques par rotor.

La destruction des mauvaises herbes est très bonne tant que celles-ci sont au premier stade végétatif et que le sol n'est pas entièrement recouvert. A un stade plus avancé, il est nécessaire d'effectuer plusieurs passes. En présence d'adventices à racines pivotantes ou de touffes d'herbes, l'outil roule sur le tapis de végétation sans vraiment le détruire. La forme des lames "en décrochant" permet un effet réellement auto-débarrassant sur des terres où l'on trouve des restes de tiges de mil, de sorgho ou de maïs. Lors des essais, la stabilité était assurée par une ligne de traction déportée dont la prolongation passerait par un point situé au niveau du premier flasque du rotor et représentant le point de compensation des efforts en jeu. Cette configuration est obtenue grâce à deux brins de chaînes de longueurs différentes : 75 et 90 cm (Fig 3 et 4). Une roulette montée sur le cadre avant droit maintient la stabilité horizontale. L'alourdissement de l'appareil améliore également la stabilité. Les masses d'alourdissement permettent d'accroître la pénétration en sol meuble non compact. Lorsque le sol se reprend en masse et devient plus dur, les poids additionnels sont alors inefficaces.

### Proposition d'itinéraires techniques

La mise au point de ces deux nouveaux outils de préparation du sol ouvre des perspectives intéressantes, principalement dans les zones soudano-sahéliennes où l'impossibilité d'intervention due à la prise en masse des terres

argilo-sableuses, liée à une pluviométrie déficitaire et souvent capricieuse, conditionne la mise en place des semis et compromet les rendements.

### Le travail à la dent en fin de cycle

Il est possible d'intervenir en début de saison sèche, quand le sol commence à se prendre en masse, afin d'atteindre des profondeurs importantes (plus de 15 cm). Cette intervention précoce permettra :

- d'éviter la reprise en masse;
- de favoriser la création de grosses mottes et donc de limiter l'érosion;
- de limiter la fatigue de l'attelage dans une période où celui-ci est en bonne condition;
- de retarder la dessiccation en profondeur.

Toutefois, le profil motteux créé peut être détruit par le passage successif des troupeaux itinérants, limitant ainsi l'effet de captage des eaux de pluies lors des premiers orages. Mais de toute façon, la sécheresse empêcherait toute reprise en masse.

### Travail à la dent avant les premières pluies

Le travail peut s'étendre sur un mois ou plus : début du travail en avril avant les pluies commençant habituellement fin mai-début juin, ce qui autorise une plus grande flexibilité du calendrier des travaux en fonction des superficies et de la fatigue des animaux, qui pourront alors travailler deux ou trois heures par jour seulement. Un effort particulier de vulgarisation-démonstration sera sans doute nécessaire pour éviter des résistances à l'introduction de cette technique : en effet, bon nombre de paysans s'opposent à la mise au travail de leurs attelages en période chaude.

Il faut rappeler aussi que cet éclatement du sol avec la dent ne sera possible que sur des terres contenant moins de 15% d'argile, mais que les efforts requis sont inférieurs à ceux exigés par l'emploi d'une charrue en conditions humides. Le travail à la dent peut être

repris dès la première pluie importante, soit par un labour à la charrue soit par un passage du Roliculteur. Dans les deux cas, le captage, l'infiltration et la conservation de l'eau, grandement améliorés par le travail à la dent, autoriseraient l'emploi de ces appareils beaucoup plus tôt en saison et permettraient sans doute de gagner au minimum 15 jours sur la date des semis. Naturellement, il s'agit d'un travail supplémentaire, mais celui-ci n'entrant pas dans le calendrier habituel des travaux de mise en culture, sa réalisation ne posera pas de problèmes particuliers.

### Le travail au Roliculteur

Nous pouvons imaginer trois cas :

- après une pluie suffisante, préparation directe du lit de semences, sans autre intervention, sur sol sablo-argileux;
- utilisation du Roliculteur dès la première pluie importante, sur un sol déjà ouvert, éclaté avec la dent;
- emploi du Roliculteur en reprise de labour sur terres très argileuses pour affiner le lit de semences.

L'utilisation du Roliculteur pour préparer les rizières n'a pas encore fait l'objet d'essais, mais ne devrait pas poser de problème tant que l'on ne travaille pas sous lame d'eau. Pour la mise en boue, ce travail devrait être aussi de bonne qualité, mais les performances des paliers de rotors dans ces conditions restent à tester.

### Itinéraires cultureux schématiques

#### Itinéraire 1

Terre argilo-sableuse dans les régions à pluviométrie nettement déficitaire :

- travail à la dent en fin de saison sèche, sur les lignes de semis;
- semis direct sur ligne travaillée, à la main ou au semoir selon la taille des mottes.

#### Itinéraire 2

Terre argilo-sableuse dans les régions à pluviométrie déficitaire.

- travail à la dent en fin de saison sèche, sur les lignes de semis;
- passage du Roliculteur dès la première pluie importante;
- semis à la main ou au semoir.

#### Itinéraire 3

Régions à pluviométrie normale et à terre plus argileuse :

- travail à la dent en début de saison sèche (soit fin du cycle et début de dessiccation);
- labour à la charrue, suite à la première pluie importante;
- semis.

#### Itinéraire 4

Possible sur tous les terrains et sous toutes pluviosités (sauf sur les sols argileux) :

- passage du Roliculteur dès la première pluie de 20 mm;
- semis au semoir.

#### Itinéraire 5

Utilisation du Roliculteur après chaque pluie importante, afin de créer un "mulch" superficiel et favoriser la conservation de l'eau en brisant la capillarité. Ceci serait d'un intérêt marqué dans les zones climatiques de type Afrique australe (Botswana) où les premières pluies souvent importantes peuvent s'étaler sur deux ou trois mois sans qu'il soit possible de semer, car elles sont trop espacées.

### Abstract

*The main aim of soil cultivation in semi-arid regions is the retention of rain-water in the soil, even in small quantities. The limited use of plowing in wet soil and the virtual impossibility of plowing in dry soil in the Sahelian regions south of the Sahara led CEEMAT to develop new animal-drawn cultivation implements with draft requirements appropriate to the animal teams used in the region. The CEEMAT tine was designed to have low tractive force requirements and yet cultivate deeply in dry, compacted soil in order to facilitate infiltration of the first rains. The CEEMAT rolling cultivator (Roliculteur) is for surface cultivation on damp soil and was designed to limit weed growth and preserve soil*



water by creating a mulch effect. It is a wide implement, cultivating an area three times wider than that worked by a plow. Preliminary trials in a laboratory soil bin provided data on the shape, dimensions and distance between the blades of the rolling implement. Trials were then conducted under field conditions using draft animals in Botswana (1986-1987) and in Burkina Faso (1987) where the working characteristics of the implements, tractive forces and animal speed were evaluated. An instrument package developed by AFRC-Engineering was used to record and analyse work results and mechanical data. In addition, the effect achieved by the cultivation process was evaluated visually (by counting clods) and by means of a profilometer. These trials indicated the very clear superiority of the rolling implement over tined implements for surface cultivation (limited and regular tractive forces, no blocking in grass-covered soil). The most satisfactory set up was a double gang ("offset") configuration. The first prototypes of the tines with or without fins proved inappropriate for cultivation of dry soil. New designs were tested. The "RR" tine proved to be most satisfactory. Problems of wear made it necessary to select the most abrasion-resistant steels.

## Références

- Bordet D. 1986. Essais de matériels de travail du sol de traction animale. Rapport de mission au Botswana, décembre 1986. CEEMAT-CIRAD, Montpellier, France. (non publié). 90p. (F).
- CEEMAT 1986. Mise au point d'un outil roulant et d'une dent à angle de pénétration variable pour travail en traction animale. Compte-rendu d'avancement des travaux. CEEMAT-CIRAD, Montpellier, France. (non publié). 33p. (F).
- Howell P. J. L. et Paice M. E. R. 1988. An adaptive data logging system for animal power studies. Communication AG-ENG88 :88.141 préparée pour l'Agricultural Engineering International Conference, tenue du 2 au 5 mars 1988, Paris (France). Publié par l'AFRC-Engineering, Silsoe, RU. 12p. (E).
- Le Thiec G. 1987a. Essais de matériels de travail du sol en sec. Rapport de mission au Burkina Faso, mai 1987. CEEMAT-CIRAD, Montpellier, France. (non publié). (F).
- Le Thiec G. 1987b. Essais de matériels de culture attelée. Rapport de mission au Botswana, novembre/décembre 1987. CEEMAT-CIRAD, Montpellier, France. 40p. (F).
- Le Thiec G. et Bordet D. 1987. Essais et mise au point d'outils de travail du sol traction animale. Rapport décembre 1987. CEEMAT-CIRAD, Montpellier, France. (non publié). 79p. (F).
- Pirot R. et Paris F. 1980. Essais pour une mise au point de dents permettant le travail en semi-profond avec le minimum d'énergie en Afrique tropicale sèche. Rapport IRAT-ISRA, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Dakar, Sénégal.