

# Expérimentation et conception de matériel à traction animale dans les pays en développement. Le cas du stériculteur de nématocide au Sénégal.

Michel Havard

CIRAD TERA<sup>1</sup>. 73, rue Jean-François Breton. F-34032 Montpellier (France).

Reçu le 17 juillet 1998, accepté le 18 août 1998.

Dans les pays en développement, l'expérimentation de matériel à traction animale vise surtout la conception en réponse à des demandes de constructeurs et de structures publiques. En matière de conception de matériel agricole, la méthode "Expérimentation-modification" est la plus couramment employée. Elle est décrite et analysée à partir de travaux menés au Sénégal (1982–1988) pour la mise au point du stériculteur de nématocide à traction animale. Cet exemple montre que l'application de cette méthode répond rarement à ses exigences de rigueur, et de nécessaire collaboration entre les demandeurs, les constructeurs et les centres d'expérimentation. Il en résulte des pertes de temps et des coûts élevés de mise au point de prototypes. La plupart des centres de machinisme agricole des pays en développement sont confrontés à des difficultés financières. C'est pourquoi leurs ressources humaines et financières doivent être concentrées sur les expérimentations de matériel agricole répondant à la demande des utilisateurs, et leur collaboration avec le secteur privé doit être accrue pour la conception d'équipements agricoles. Enfin, l'amélioration des méthodes et des processus de conception et d'expérimentation apparaît comme une priorité. Certains organismes, comme le CIRAD, s'y emploient à partir des travaux de recherches en génie industriel menés dans les pays du Nord.

**Mots-clés.** Expérimentation, conception, matériel agricole, traction animale, pays en développement.

**Experimentation and design of animal-drawn implements in developing countries. Example of the "stériculteur", a soil sterilizer for nematode control in Senegal.** In developing countries, experimenting animal-drawn implements mainly aims at meeting manufacturer and public sector's needs for design purposes. Regarding the design of agricultural machinery, the so-called "experimentation-modification" method is generally used. This method is described and analyzed here with reference to research carried out in Senegal (1982–1988) for developing an animal-drawn "stériculteur", i.e. a soil sterilizer for nematode control. Such an example shows how difficult it is to respect methodological exactness, and also that close collaboration is required between users, manufacturers, and experimental centres. Nevertheless, developing prototypes in these conditions results in time losses and high costs. Most agricultural engineering research centres of the South are facing financial problems. Accordingly, they must center their human and financial resources on experimenting agricultural machinery that meets the users's requirements. They must also strengthen their collaboration with the private sector at design level. Finally, it seems necessary to attach primary importance to the improvement of design methods and processes. Some centres, e.g. CIRAD, are working in this respect from industrial engineering research works carried out in the North.

**Keywords.** Experimentation, design, animal-drawn equipment, developing countries.

## INTRODUCTION

L'introduction de la mécanisation dans un milieu donné répond à des besoins plus ou moins bien exprimés par les utilisateurs potentiels. Elle engendre des effets à différents niveaux d'intervention (parcelle, exploitation, région, pays), et dans de nombreux domaines (le milieu

naturel, l'élevage, le travail, les revenus, l'environnement économique...). Il est indispensable de mesurer ces effets pour améliorer le conseil aux utilisateurs, et de faire des propositions d'amélioration, de modification des techniques et du matériel. On sait mesurer les effets techniques (expérimentations en laboratoire, en station, dans le milieu), ceux sur les systèmes de culture. Par contre, ceux sur les exploitations sont beaucoup plus difficile à quantifier et à évaluer.

Cette note n'aborde qu'un des aspects de l'introduction de la mécanisation dans les pays en

<sup>1</sup> CIRAD : Centre de Coopération internationale en Recherche agronomique pour le Développement

TERA : Département Territoires, Environnement et Acteurs

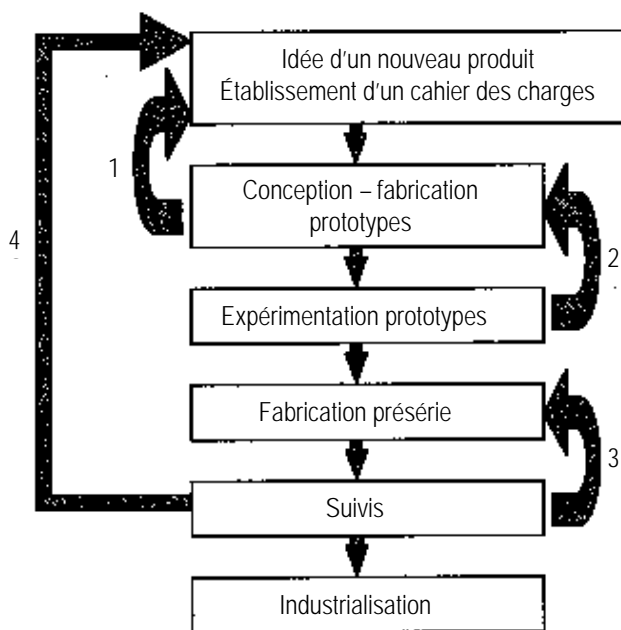
développement. Il s'agit du processus de conception/expérimentation de matériel agricole qui vise à mettre au point du matériel adapté aux besoins exprimés, tant sur le plan technique que socio-économique. Après une présentation succincte de la principale méthode utilisée, une analyse critique en est faite sur un exemple de mise au point d'un appareil à traction animale en Afrique, et quelques recommandations sont formulées.

## MÉTHODOLOGIE

Le processus de conception/expérimentation sur la base de la méthode "expérimentation-modification", fait intervenir différents partenaires (les demandeurs, les constructeurs, les centres d'expérimentation, etc.). Il comprend plusieurs phases qui se succèdent dans le temps (**Figure 1**). Mais quand les conditions ne sont pas réunies pour passer d'une phase à une autre, il est alors nécessaire de revenir en arrière (recommencer une partie du processus), ce qui est matérialisé sur la **figure 1** par les flèches 1, 2, 3 et 4.

### L'élaboration du cahier des charges

L'élaboration du cahier des charges est réalisée à partir de l'analyse détaillée d'une demande, d'un besoin de mécanisation d'une (ou de plusieurs) opération, d'une tâche. Le cahier des charges détermine les caractéristiques et les performances techniques et économiques du matériel à mettre au point ou à introduire.



**Figure 1.** Description des différentes étapes de la méthode "Expérimentation-modification" — *Description of different stages of the "Experimentation-modification" method.*

## Conception, puis fabrication (ou adaptation) de prototypes

Au préalable, des recherches sur du matériel existant susceptible de convenir sont menées, afin de ne pas le réinventer, comme ce fut le cas avec les polyculteurs à traction animale (Starkey, 1993). Puis, en fonction des résultats de ces recherches, soit des matériels seront introduits et adaptés, soit ils seront inventés, conçus et fabriqués localement par des constructeurs, avec l'appui éventuel de centres de recherche et d'expérimentation en machinisme agricole. Dans la plupart des pays d'Afrique subsaharienne, les constructeurs (industriels et artisans) sont fortement impliqués dans la reproduction de matériels à traction animale ayant fait leur preuve. Des adaptations et modifications légères sont parfois réalisées à la demande des utilisateurs. Mais la conception reste encore limitée dans ces entreprises.

### Expérimentations et modifications des prototypes

Expérimenter un matériel agricole, c'est l'essayer, l'éprouver, l'observer et l'évaluer techniquement (caractéristiques, qualité du travail, etc.) en milieu contrôlé afin de proposer des améliorations, des modifications, des adaptations. C'est aussi évaluer ses performances techniques et économiques dans les conditions réelles d'utilisation (CEEMAT, 1976 ; Smith *et al.*, 1994). L'expérimentation a pour objet d'aider au développement du secteur industriel par la construction d'équipements, et à celui du secteur agricole par une meilleure mécanisation (Inns, 1995)

### Fabrication et suivis d'une présérie

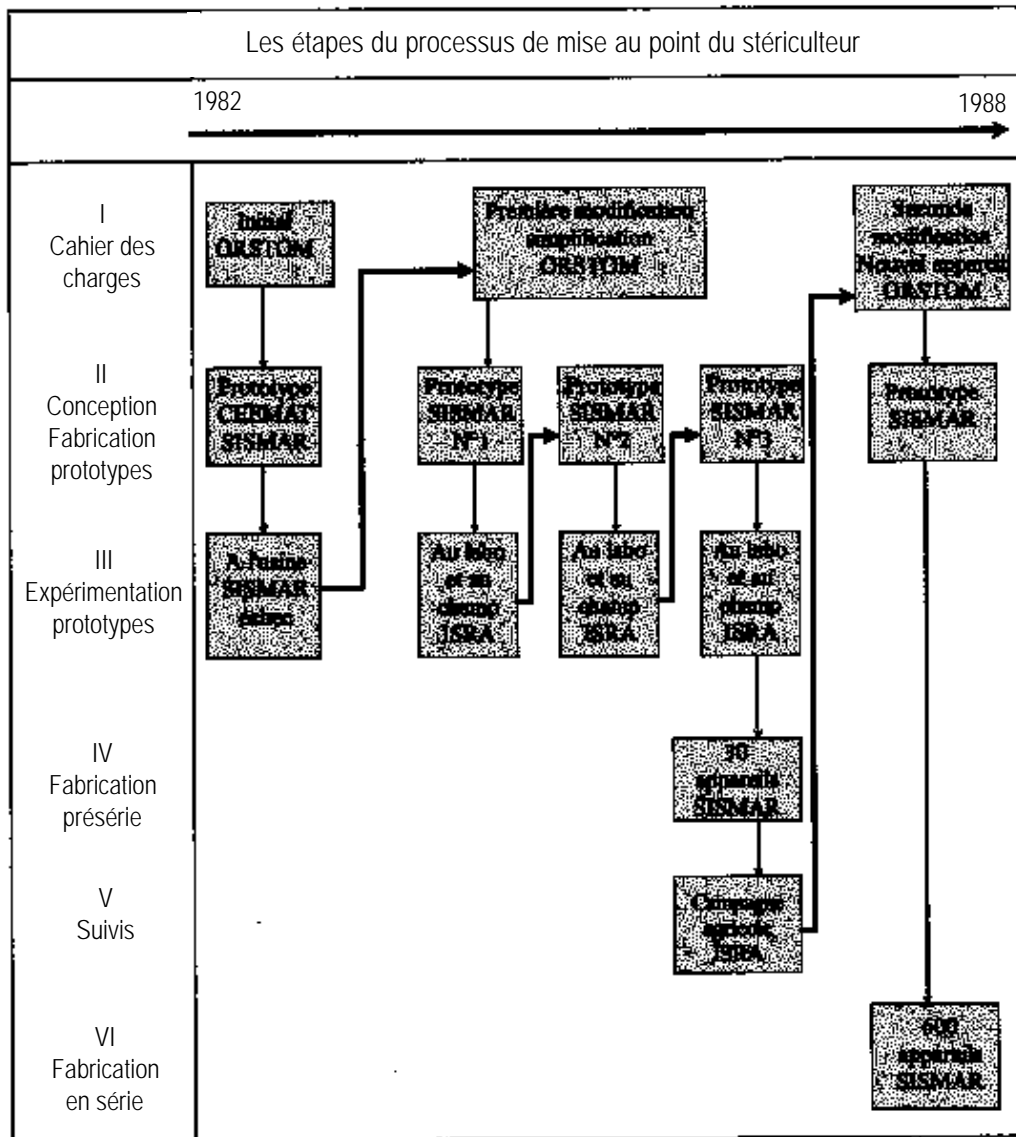
Quand un prototype satisfait au cahier des charges et passe avec succès les expérimentations en milieu contrôlé et en milieu réel, une présérie (quelques dizaines d'exemplaires) est fabriquée. Les machines sont confiées à des utilisateurs potentiels. Les conditions de travail et les performances correspondantes sont suivies et évaluées.

### Industrialisation (fabrication en série)

Après les dernières adaptations sur la présérie, le matériel peut être fabriqué en série et mis en vente.

## LA CONCEPTION ET L'EXPÉRIMENTATION DU STÉRICULTEUR DE NÉMATOCIDE À TRACTION ANIMALE AU SÉNÉGAL

Cet exemple est une illustration de l'application de la méthode "expérimentation-modification". L'ensemble du processus, schématisé à la **figure 2**, s'est déroulé



ORSTOM : Institut français de Recherches pour le Développement en Coopération.  
 ISRA : Institut sénégalais de Recherches agricoles.  
 SISMAR : Société industrielle sahélienne de Matériel agricole et de Représentation.  
 CEEMAT : Centre d'Études et d'Expérimentation du Machinisme agricole tropical.

**Figure 2.** La conception et l'expérimentation du stériculteur de nématocide à traction animale au Sénégal — *Design and experimentation of animal drawn soil sterilizer “stériculteur” against nematodes in Senegal.*

entre 1982 et 1988. Il montre bien le cheminement et les différentes étapes, depuis l'élaboration du cahier des charges, puis ses modifications, jusqu'à la fabrication en série.

**Le premier cahier des charges a abouti à une impasse**

Dans les régions de Louga, Thiès et Diourbel au Sénégal, l'ORSTOM a montré l'efficacité des traitements nématocides au DBCP sur les cultures annuelles.

L'augmentation des rendements est importante avec l'arachide (+ 50 à + 80 % pour les gousses et pour les fanes). Le nématode (*Scutellonema cavenessi*) est détruit par une dose de 15 kg de DBCP m.a. diluée à 100 l/ha (Baujard *et al.*, 1984).

Les premières parcelles d'essais ont été traitées avec un pal injecteur manuel, technique non vulgarisable à grande échelle. Des matériels motorisés existent, mais ils sont onéreux et peu adaptés au contexte de l'agriculture sénégalaise : petites parcelles insuffisamment essouchées, exploitations de petites tailles. Le seul

moyen de vulgariser en masse cette technique passe par la mise au point d'un appareil à traction animale — équine principalement — car, en 1981, la région de Diourbel comptait 41 000 équins, 16 000 asins et seulement 1 500 paires de bovins (Havard, 1984). Le produit nématicide (le némagon) est efficace dès les premières pluies lorsque les nématodes se remettent en activité. C'est aussi à cette période que les semis sont réalisés.

Le premier cahier des charges sur lequel a travaillé le CEEMAT (Centre d'Études et d'Expérimentation du Machinisme agricole tropical) en 1982 était le suivant.

– L'appareil doit réaliser simultanément le traitement nématicide et le semis pour éviter les pertes de temps. Il doit être tiré par un cheval (45 daN d'effort de traction), être une machine spécialisée (injecteur) sur laquelle sera adaptée une trémie de semoir super-éco.

– Pour être efficace, le produit doit être injecté à 25 cm au moins de profondeur, tous les 30 cm, afin que l'ensemble du volume de sol abritant les nématodes soit traité par la diffusion du produit.

– Le débit de la pompe doit être proportionnel à l'avancement.

– Le némagon étant un fumigant, le sillon ouvert par le coultre injecteur doit être refermé.

Sur la base de ce cahier des charges, le CEEMAT a construit, en 1982, dans les locaux de la SISMAR (Société Industrielle Sahélienne de Matériel Agricole et de Représentation) un prototype comprenant :

– un bâti spécifique avec 2 roues à l'avant et une à l'arrière ;

– un système d'injection avec un réservoir de 20 l pour le produit, une pompe péristaltique entraînée par une des roues avant, 2 coutres injecteurs, et un tuyau souple allant du réservoir aux coutres ;

– une trémie de super-éco (semoir mono-rang diffusé au Sénégal) avec ses organes d'enterrage et de recouvrement.

Les essais du premier prototype n'ont pas été concluants car ils nécessitaient des efforts de traction trop élevés pour un cheval travaillant seul (100 daN).

### **La modification du cahier des charges a permis de concevoir et d'expérimenter de nouveaux prototypes**

Des modifications du cahier des charges, visant une diminution importante de l'effort de traction et du poids de l'appareil, ont été proposées à l'ORSTOM, à savoir, réduire la profondeur d'injection et augmenter l'écartement entre deux passages afin de ne monter qu'un seul coultre. En 1982, les résultats des essais réalisés par l'ORSTOM pour vérifier l'efficacité du produit à différentes profondeurs et à différents interlignes ont permis de ramener les exigences sur la profondeur de 25 à 12 cm et la distance entre les lignes

traitées à environ 50 cm (soit un interligne sur arachide) ce qui permet de n'utiliser qu'un seul coultre.

Cette modification du second point du cahier des charges a rendu possible la conception de nouveaux prototypes par la SISMAR et leur expérimentation par l'Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA).

Trois prototypes différents ont été réalisés puis modifiés au vu des résultats des différentes expérimentations.

Sur le n°1, le réservoir de 27 l est sur les roues avant, la trémie du super-éco juste derrière. Une pompe péristaltique de fabrication SISMAR à trois galets, débitant 420 l/ha, est entraînée par une chaîne à partir d'une des roues avant. Cet appareil atteint 65 kg à vide et 100 kg en pleine charge, et mesure 1,25 m de long. Le coultre est décalé de 4 cm sur le côté du soc semeur pour éviter de déterrer les graines. Il fait 8 mm d'épaisseur et travaille à 15 cm de profondeur.

En milieu contrôlé, l'effort moyen enregistré est de 55 daN, ce qui limite les temps de travaux journaliers des chevaux à 3 h environ, soit 4 000 m<sup>2</sup> de surfaces ensemencées et traitées.

Les modifications et essais divers pour passer du prototype 1 au prototype 3 ont porté sur le coultre injecteur, le système d'injection et l'endurance des animaux de trait.

**Le choix du coultre injecteur.** Les objectifs guidant le choix du coultre visent à réduire le plus possible l'effort de traction, à diminuer l'usure et à ne pas déterrer les graines. Quatre épaisseurs (4, 5, 6 et 8 mm) et deux positions du coultre ont été testées :

– derrière le soc semeur et

– soudé sur le soc semeur.

À profondeur de travail comprise entre 10 et 18 cm, c'est le coultre de 6 mm d'épaisseur qui donne le meilleur compromis entre la diminution de l'effort de traction, et une moindre usure du coultre. L'usure de ceux de 4 et 5 mm d'épaisseur est déjà visible après 2 ha travaillés.

Les efforts enregistrés avec le coultre soudé sur le soc semeur sont équivalents à ceux obtenus avec un coultre et un soc semeur indépendants. Cette configuration du coultre soudé sur le soc semeur, rendant difficile les manœuvres en bout de ligne, a été abandonnée.

Avec le coultre de 6 mm d'épaisseur, les efforts moyens enregistrés à 15 cm de profondeur atteignent 55 à 60 daN. Pour avoir les 45 daN recherchés, il faut, soit réaliser le semis et le traitement simultanés à 10 cm de profondeur, soit réaliser le traitement seul à 12/13 cm de profondeur.

Le coultre doit avoir un angle d'entrure minimum de 10 degrés pour se maintenir seul dans le sol.

**Le système d'injection.** La SISMAR a préféré fabriquer sa propre pompe plutôt que d'importer des modèles de laboratoire qu'elle estimait trop coûteux.

Les tests au banc et au champ du système d'injection ont porté sur les mesures de débit et l'analyse des conditions d'utilisation (autonomie, fonctionnement, fiabilité et entretien). Entre le débit de la pompe au banc et celui mesuré sur le terrain, une différence de 7 % due au glissement des roues a été constatée. Des problèmes de fonctionnement de la pompe ont été relevés : un mauvais alignement des galets presseurs cause fréquemment, à l'intérieur de la pompe, des ruptures du tuyau souple d'alimentation.

**Les essais d'endurance avec les chevaux.** Un cheval de 300 kg peut fournir un effort moyen de 45 daN. Les ânes et les chevaux peuvent atteindre 1/4 à 1/6 de leur poids en effort continu pendant 3 à 4 heures par jour. Pour des efforts moindres, entre 15 et 25 daN avec un semoir super-éco par exemple, un cheval peut travailler jusqu'à 8 heures par jour.

Les essais ont été effectués en saison sèche sur des sols "dior" (sableux), préalablement humidifiés sur 20 cm de profondeur, car le semis au semoir est toujours réalisé en humide.

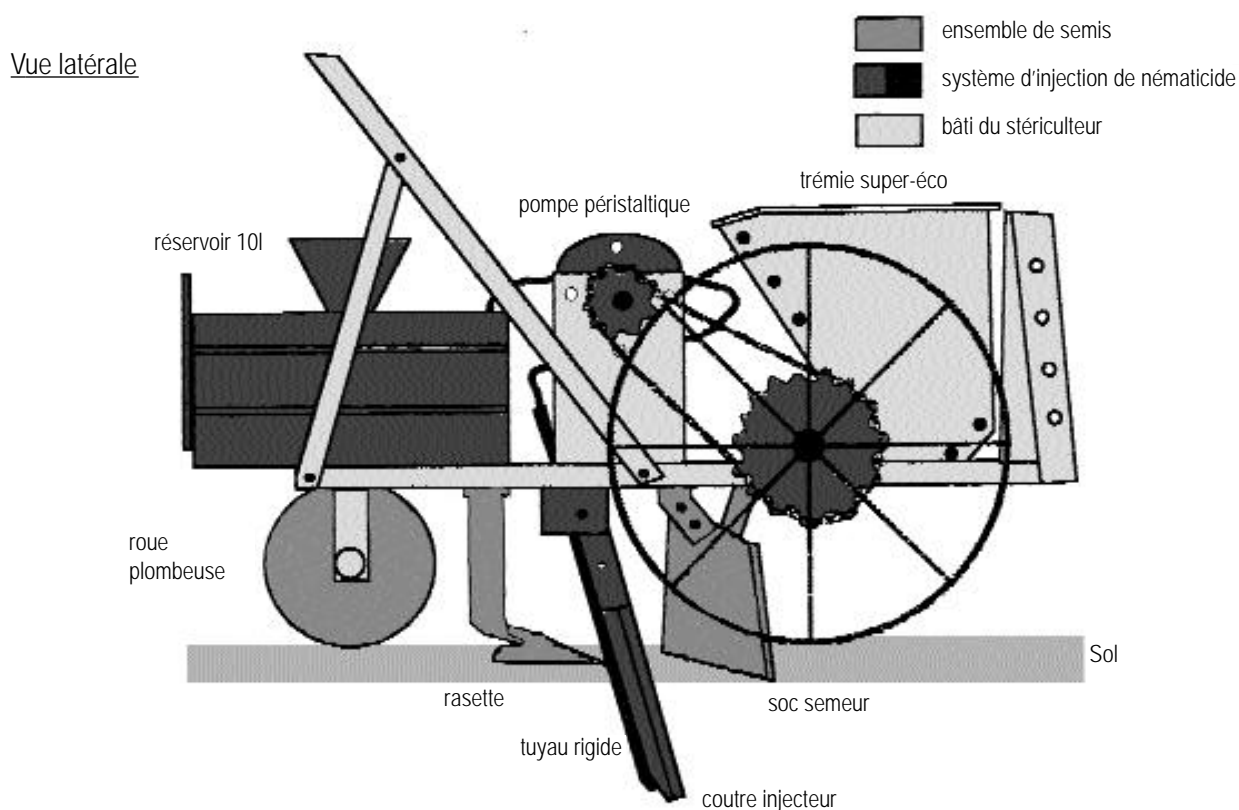
Avec l'appareil équipé d'une rasette, du soc semeur, d'un couteur de 6 mm et d'un réservoir de 20 l à moitié rempli, les essais ont été réalisés à trois profondeurs de travail (16, 12 et 10 cm). À 16 cm de

profondeur, l'effort moyen demandé atteint 65 à 70 daN, soit un maximum de 2 heures par jour (2 000 m<sup>2</sup>) pour un cheval. Entre 10 et 12 cm, l'effort requis est acceptable (50 daN) : un cheval peut travailler 4 heures par jour et préparer 4 500 m<sup>2</sup>.

### Le modèle retenu pour la fabrication en présérie

À l'issue des essais sur le prototype 3, le modèle retenu pour la fabrication en présérie a les caractéristiques suivantes (**Figure 3**) :

- un bâti en tubes carrés de 30 mm × 20 mm ;
- un réservoir de 10 ou 20 l en tôle, fixé au-dessus de la roue plumbeuse ;
- une pompe péristaltique en aluminium, composée de 4 galets presseurs et entraînée par une roue au moyen d'un système à chaîne et pignons, dont le débit est de 98 l/ha à 45 cm d'interligne ;
- un couteur injecteur de 6 mm d'épaisseur en acier mi-dur résistant à la flexion et décalé de 4 cm sur la droite du soc semeur ; un tuyau rigide soudé à l'arrière du couteur permet d'enfouir le produit nématicide ; il est relié à la pompe et au réservoir par un tuyau souple supportant l'écrasement des galets presseurs ;
- une trémie de semoir super-éco avec ses deux roues d'entraînement.



**Figure 3.** Le stériculteur de nématicide (semis et traitement combinés) retenu pour la fabrication en pré-série par la SISMAR — Soil sterilizer "stericulteur" (combining sowing and treatment against nematodes) produced in small series by SISMAR.

Ce stériculteur permet de réaliser, simultanément au semis de l'arachide à 45 cm d'interligne, le traitement nématicide en sol humide. Le produit, enfoui à 15 cm de profondeur, diffuse verticalement et latéralement, ce qui permet de traiter totalement une couche de sol d'environ 30 cm d'épaisseur.

Une présérie de 36 appareils a été mise en place en 1984 chez des paysans, qui devaient traiter au moins 1/2 ha. Tous les appareils ont été utilisés avec des chevaux, à l'exception d'un seul tiré par une paire de boeufs. Le semis et le traitement ont été réalisés simultanément. Seuls quelques paysans ont profité d'une première pluie pour faire uniquement le traitement nématicide car ils n'étaient pas prêts pour le semis. La profondeur moyenne de traitement mesurée atteint 12 à 13 cm et l'effort moyen enregistré est voisin de 45 daN. Les chevaux ont pu travailler plus de 3 heures par jour dans la majorité des situations. De nombreuses anomalies ont été relevées sur le fonctionnement de la pompe péristaltique et, comme prévu, une usure rapide des coutres.

Ces suivis ont montré que, techniquement, ce traitement peut être effectué en traction équine, mais le prix de vente de cet appareil est élevé (deux fois le prix d'un super-éco environ, c'est-à-dire 120 000 à 130 000 francs cfa).

À l'issue de cette campagne de suivi, les propositions suivantes ont été faites :

- fournir chaque année, avec le produit, deux coutres neufs pour remplacer les usagés ;
- mettre au point un appareil spécifique de traitement pour les paysans qui veulent traiter avant ou après le semis, ce qui permet de réduire considérablement les coûts (70 000 francs cfa en 1987).

### **Fabrication en série d'un appareil spécifique pour le traitement nématicide seul**

Vu les coûts élevés de l'appareil combiné (semis, traitement) et la possibilité de traiter aussi avant ou après le semis, une troisième et dernière modification du cahier des charges a été réalisée. Elle a permis la fabrication d'un nouvel appareil spécifique pour le traitement nématicide seul. Cette solution a été retenue par l'ORSTOM, la DPV (Direction de la Protection des Végétaux du Sénégal) et la SISMAR pour la fabrication en série.

En 1988, 3 500 ha ont été traités avec 600 appareils spécifiques (Dhery, 1988). Le traitement, effectué environ 10 jours après semis à 12 cm de profondeur dans chaque interligne, se fait en 10 h par ha. Sur le dernier appareil SISMAR, la pompe péristaltique a été remplacée par une pompe de laboratoire plus précise, le réservoir est en plastique, l'entraînement de la pompe est assuré par un galet en caoutchouc frottant sur un tambour solidaire de l'axe de la roue.

L'appareil combiné à un semoir n'est quasiment plus demandé car il est moins souple d'utilisation. Dès 1990, avec l'arrêt du financement du projet, aucun appareil n'a été placé auprès des paysans qui, d'eux-mêmes, n'ont pas continué à effectuer les traitements contre les nématodes. En effet, sur les parcelles paysannes, l'augmentation attendue de la production d'arachide est moindre que sur les parcelles gérées par la recherche et le produit est relativement cher et difficile à trouver. De plus, les produits nématicides utilisés présentent des risques pour la santé.

### **CONCLUSIONS, RECOMMANDATIONS**

La méthode "Expérimentation-modification", couramment employée dans la mise au point de matériel agricole dans les pays en développement, doit être menée avec soin et avec rigueur, à partir de demandes et de besoins clairement identifiés, et sur la base d'une collaboration étroite entre les principaux partenaires (demandeurs, constructeurs, centres d'expérimentation). Mais l'expérience montre que sa mise en oeuvre ne répond pas toujours à ces exigences. Des demandes et besoins trop rapidement ou mal identifiés aboutissent à des cahiers des charges trop vagues et insuffisamment finalisés. Ils subissent alors des modifications qui génèrent des pertes de temps et d'argent importantes. Le rythme de travail, ainsi que les délais et la qualité des réalisations sont dépendants de la disponibilité et des montants des financements accordés, mais aussi de l'efficacité de la collaboration entre les partenaires, et de l'existence de constructeurs nationaux. L'absence de ces constructeurs a amené de nombreux centres de recherche et d'expérimentation en machinisme agricole à concevoir, fabriquer et expérimenter du matériel qu'ils ont eu des difficultés à fabriquer en série.

Dans le monde, mais encore plus dans les pays en développement, les centres de recherche et d'expérimentation en machinisme agricole rencontrent de plus en plus de difficultés financières pour expérimenter et concevoir des équipements à traction animale. Les états n'ont pas les moyens d'investir dans des essais de nouveau matériel et en plus, les essais complets et détaillés sont trop fastidieux et trop longs. Ces appuis financiers peuvent difficilement être obtenus auprès des industriels locaux à cause de l'étroitesse du marché. Les exemples récents d'études locales en Afrique subsaharienne ont souvent bénéficié d'appui de financements extérieurs (intérêts des bailleurs, constructeurs ou organismes de coopération) pour les études industrielles et pour les essais et suivis en milieu réel. Ce fut le cas de la CCCE (Caisse centrale de Coopération économique devenue Caisse Française de Développement, puis Agence française de Développement) avec le stériculteur de nématicide, entre l'ISRA, l'ORSTOM et la SISMAR au Sénégal.

Ces résultats et constats permettent de formuler quelques recommandations en matière de conception et d'expérimentation de matériel à traction animale.

En premier lieu, la conception et la fabrication devraient être laissées au secteur privé, ce qui permettrait de concentrer les ressources humaines et financières des centres de recherche sur la mise au point et l'exécution d'expérimentations répondant à la demande des utilisateurs (organisations de producteurs, artisans, industriels, projets, etc.). Pour favoriser la conception et la fabrication locales, des mesures d'accompagnement sont nécessaires : aides à l'installation, accès aux crédits pour les artisans et petites et moyennes entreprises spécialisés dans l'équipement agricole, avantages fiscaux, etc.

En second lieu, il apparaît intéressant de chercher à améliorer les méthodes de conception d'équipements agricoles dans les pays en développement. Certains organismes, comme le CIRAD, s'y emploient à partir des résultats de recherches en génie industriel menées dans les pays du Nord. L'objectif des recherches entreprises vise à minimiser les délais et les coûts d'études entre l'identification du besoin et sa réponse industrielle correspondant au besoin réel des utilisateurs finaux (Giroux, Marouzé, 1996).

#### Bibliographie

- Baujard P., Duncan L., Germani G. (1984). *Les traitements nématocides dans le bassin arachidier sénégalais*.
- Résultats des campagnes 1981, 1982, 1983*. Dakar, Sénégal : ORSTOM, 41 p.
- CEEMAT (1976). *Les essais de matériel agricole à traction animale*. Collection techniques rurales en Afrique. Paris : Ministère de la Coopération.
- Dhery M. (1988). Un appareil à traction animale pour le traitement des arachides contre les nématodes : le stériculteur "SISMAR". *Oléagineux* 43 (7), p. 307–310.
- Havard M. (1984). *Résultats des essais de mises au point du distributeur de nématocide SISMAR. Conditions d'utilisation et propositions pour l'amélioration des performances*. Étude technique du CNRA 12/84. Bambey, Sénégal, 32 p.
- Inns FM. (1995). *Sélection, essai et évaluation de machines et équipements agricoles. Théorie*. FAO Agricultural Services Bulletin 115, 77 p.
- Giroux F., Marouzé C. (1996). *Méthodes de conception d'équipements agricoles et agro-alimentaires et énergétiques dans les pays du sud*. Action thématique programmée n°50/96. Montpellier, France : CIRAD-SAR, 25 p.
- Smith DW., Sims BG., O'Neill DH. (1994). *Testing and evaluation of agricultural machinery and equipment*. FAO Agricultural Services Bulletin 110, 274 p.
- Starkey P. (1993). *Polyculteur à traction animale : bien conçu, mal perçu*. Eschborn, Allemagne : Vieweg for German Appropriate Technology Exchange, GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit).

(8 réf.)