

L'APPORT DE LA RECHERCHE EN MACHINISME
A LA MECANISATION DE L'AGRICULTURE AU

SENEGAL

Par

Michel HAVARD

Ingénieur de Recherches CIRAD*
détaché à l' ISRA

DOCUMENT DE TRAVAIL : 87 - 4

DIRECTION DE RECHERCHES SUR LES SYSTEMES AGRAIRES
CENTRE DE RECHERCHES AGRONOMIQUES DE SAINT-LOUIS

REFERENCE : HAVARD (Michel). - L'Apport de la Recherche en machinisme à
la mécanisation de l'agriculture au Sénégal. - DAKAR :
Direction de Recherches sur les Systèmes Agraires de l' ISRA, .
Sept. 1987.- 46 P. (Document de travail 87-4)

* CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique
pour le Développement.

DÉPARTEMENT DE RECHERCHES SUR
LES SYSTÈMES DE PRODUCTION ET LE TRANSFERT
DE TECHNOLOGIE EN MILIEU RURAL

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES

MOTS CLES

Mécanisation, Recherche, Machinisme agricole, Agriculture, Sénégal, Motorisation, Matériel agricole, Equipement agricole, Culture attelée, Traction animale, Technologie Post-Récolte, Nouvelle Politique Agricole.

RESUME'

En 1986, le constat de la mécanisation au Sénégal montre l'échec relatif de la motorisation des opérations culturales et l'impact de certains matériels post-récolte, mais surtout il met en évidence le succès de la culture attelée en matériels légers.

La recherche en machinisme, intégrée à la recherche agronomique, a joué un rôle très important dans la progression de la traction animale, tant par les améliorations et essais de matériels que par la coordination et l'animation des divers organismes et structures concernés (constructeurs, développeurs, utilisateurs, etc...),

L'analyse des orientations successives fait apparaître une spécialisation et une régionalisation de plus en plus poussées des interventions.

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
<u>INTRODUCTION</u>	1
1 - <u>UN CONTACT EVIDENT AUJOURD'HUI : LA MECANISATION EST UNE REALITE POUR LE MILIEU RURAL SENEGALAIS</u>	2
1.1 - Les "échecs" de la motorisation des opérations culturales.	2
1.2 - L'impact de certains matériels post-récolte.	9
1.3 - Le succès de la culture attelée.	12
1.3.1 - Les étapes du développement de la culture attelée.	12
1.3.2 - La répartition des matériels et des moyens de traction.	15
2 - <u>LA CONTRIBUTION DE LA RECHERCHE EN MACHINISME AU DEVELOPPEMENT DE LA MECANISATION DES CULTURES</u>	20
2.1 - La recherche en machinisme au sein de la recherche agronomique.	20
2.2 - Les autres implications de la recherche en machinisme.	29
2.3 - Deux exemples de l'intervention de la recherche en machinisme sur des matériels diffusés en milieu rural.	32
3 - <u>CONCLUSION</u>	36
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	40
<u>ANNEXES</u> : I - Le fonctionnement du P.A.	43
II - Tableaux 1 et 2 .	45

LISTE DES FIGURES, CARTE ET TABLEAUX

	<u>Pages</u>
<u>Figure</u> : La Vallée du Fleuve Sénégal. Zones d' Intervention de la SAED et Répartition des Surfaces Aménagées pour la Culture Irriguée.	4
<u>Carte</u> : Les Différentes Zones de Culture Attelée en Fonction des Types de Traction et des Matériels Agricoles les plus Utilisés.	17
<u>Tableau 1</u> : Mises en Place Annuelles des Matériels de Culture Attelée.	45
<u>Tableau 2</u> : Situation du Cheptel de Trait à l'Arrêt du Programme Agricole en 1980.	46

LISTE; COMMENTEE DES SIGLES ET ABREVIATIONS UTILISES

- BAME. Bureau d'Analyses Macro-Economiques de l'ISRA créé en 1983.
- BNDS. Banque Nationale de Développement du Sénégal. Elle fait suite à la BSD.
- BOAD. Banque Ouest Africaine de Développement.
- BSD. Banque Sénégalaise de Développement.
- CAR. Centres d'Animation Rurale. Ils dépendaient directement de la Présidence de la République ; sur place, un agent bénévole recruté dans le village et envoyé en stage faisait partie du réseau d'animateurs.
- CER. Centres d'Expansion Rurale. Leur direction était au Secrétariat Général du Plan, ils encadraient des zones volontairement limitées (20 000 habitants maximum) pour faire de la vulgarisation en profondeur par l'encadrement.
- CFDT. Compagnie Française de Développement des Textiles.
- CGOT. Compagnie Générale des Oléagineux Tropicaux, elle a ensuite été remplacée par la SODAICA à Séfa vers 1960.
- CNCAS. Caisse Nationale de Crédit Agricole Sénégalaise créée en Avril 1984 ; Elle travaille à l'échelle des régions.
- CNEFER. Centre National d'Etudes et de Formation pour l'Equipement Rural, Il est toujours à l'état de projet.
- CRAD. Centres Régionaux d'Assistance pour le Développement. Cet Organisme sous contrôle de l'Etat était chargé, en son temps, de suppléer et de promouvoir le mouvement coopératif ; il dépendait aussi de l'OCA et de la BSD.
- css. Compagnie Sucrière Sénégalaise.
- CUMA. Coopérative d'Utilisation du Matériel Agricole,

- DGPA. Direction Générale de la Production Agricole, elle dépend du Ministère du Développement Rural.
- FAO. Fonderies et Ateliers de l'Ouest. C'est une usine française de matériels d'intérieur de ferme surtout.
- GIE. Groupement d'Intérêt Economique. Il a un statut juridique lui permettant d'avoir accès au crédit.
- INDR. Institut National de Développement Rural, c'est une école d'ingénieurs créée en 1984.
- MAC. Mission d'Aide Chinoise, elle était installée à Ziguinchor.
- OAD. Organisation Autonome du Delta, créée en 1960 pour aménager 30 000 ha, fut remplacée en 1965 par la SAED.
- OAV. Organisation Autonome de la Vallée, née en 1961 pour promouvoir la riziculture mécanisée à petite échelle, valoriser les terres incultes, installer les cuvettes, et contribuer au développement Rural. Elle n'a jamais eu les moyens de ses objectifs....
- OCA. Office de Commercialisation Agricole.
- ONCAD. Office National de Commercialisation et d'Assistance au Développement, créé en 1966, dissout en 1980.
- PIDAC. Projet Intégré de Développement Agricole de la Casamance.
- PIV. Périmètre Irrigué Villageois.
- PRS. Projet Rizicole de Sédhiou, puis Projet Rural de Sédhiou.
- SAED. Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta, devenue par la suite Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta, du Fleuve Sénégal et des Vallées du Fleuve Sénégal, et de la Falémé. Ses principales tâches sont l'encadrement, la formation, la production et la commercialisation.
- SATEC. Société d'Assistance Technique et de Coopération. PARIS.
- SORS. Société de Développement de la Riziculture au Sénégal, elle a repris le casier expérimental de Richard-Toll géré en régie par ORTAL au moment de l'indépendance pour disparaître à la création de la CSS.
- SISCOMA. Société Industrielle Sénégalaise de Constructions mécaniques et de matériels agricoles. Cette société a été créée en 1961 grâce au groupe TROPICULTURE (FABRE, MORIZON, FAO, GARNIER, HUARD et STAUB) qui possède 48 % du capital, le reste appartient à des financements locaux.

L'usine de Pout date de 1963, en plus cette société dispose d'un service après-vente (magasins, environ 50 points de vente et un camion atelier) et d'un centre de formation. Dès 1964, elle édite un journal : "A l'ombre du baobab". Elle dépose son bilan en 1980.

SISMAR. Société Industrielle Sahélienne de Mécanique, de Matériels Agricoles et de Représentations. Elle est créée en 1982 et elle s'installe dans les bureaux et l'usine de la SISCOMA. Elle diversifie sa production pour ne pas être trop dépendante du marché des matériels agricoles.

SNTI. Société Nationale de Transformation Industrielle. Usine à Dagana.

SOCAS. Société des Conserveries Alimentaires du Sénégal. Usine à Savoigne.

SODALCA. Société de Développement Agricole et Industriel de la Casamance s'installe à la place de la CGOT vers 1960, mais elle va disparaître en quelques années.

SODEFITEX. Société de Développement des Fibres Textiles. Elle s'occupe de l'encadrement, de la production, de la formation et de la commercialisation dans la zone cotonnière.

SODEVA. Société de Développement et de Vulgarisation Agricole. Elle travaille sur le Bassin Arachidier depuis 1968 essentiellement dans l'encadrement et la formation des paysans.

SOMIVAC. Société de Mise en Valeur de la Casamance. Elle a quelques projets sous sa coupe dont le PIDAC.

SUMA. Section d'Utilisation du Matériel Agricole. Elles ont été mises en place par un projet allemand dans le delta.

REMARQUES : Les sociétés de développement (SAED, SODEVA, SOMIVAC, SODEFITEX) sont dans une phase de restructuration depuis 3 ans. Elles devraient avoir un rôle moins directif que par le passé, on parle de "désengagement" pour une plus grande responsabilité du monde paysan.

I N T R O D U C T I O N

Dans un pays, où plus de 70% de la population active est rurale (*) dans des conditions climatiques défavorables qui se dégradent de plus en plus, il était et il est encore prioritaire de s'intéresser au développement de la production agricole par l'utilisation de nombreux facteurs dont la mécanisation.

Depuis une cinquantaine d'années, on a réellement assisté à un développement important de l'agriculture au Sénégal, lié surtout à la production arachidière. Cette culture de rente a servi de support à la diffusion de la culture attelée. L'incidence du coton est plus récente (1967), plus localisée, mais néanmoins la plus importante ces dernières années (**). Dans la région du fleuve, delta surtout, l'accent a été mis sur la motorisation de la culture du riz irrigué, mais le développement de cette culture n'a pas été aussi important qu'on le pensait. Mais aujourd'hui avec l'optique de l'après-barrage, tous les espoirs semblent permis.

Enfin, en matière de politique agricole, les nouvelles orientations accordent une attention particulière au développement des céréales et à la conservation du patrimoine foncier.

Cette note, après un constat sur les conditions qui ont favorisé le développement de la mécanisation dans les domaines respectifs de la motorisation, de la technologie post-récolte et de la culture attelée, analyse les différentes formes d'apport et les capacités d'adaptation de la recherche en machinisme lors de cette évolution : recherche et tests sur de nombreux matériels, étude sur l'introduction de la mécanisation agricole dans les exploitations, participation à la politique d'équipement à l'échelle nationale, ect.... Enfin pour conclure, elle aborde les questions relatives aux priorités actuelles régionales en matière de recherche en machinisme dans le cadre de la Nouvelle Politique Agricole (NPA).

(*) Agriculteurs, pêcheurs et pasteurs.

(**) En tant que support pour la diffusion et l'entretien du matériel de culture attelée.

1 - UN CONSTAT EVIDENT AUJOURD'HUI : LA MECANISATION EST UNE REALITE POUR LE MILIEU RURAL SENEGALAIS

Bien sûr, cette mécanisation ne s'est pas introduite sans de nombreuses difficultés, voire même des échecs cuisants. Les trajectoires ont été différentes dans les domaines de la motorisation des opérations culturales, de la technologie post-récolte et de la culture attelée, ce qui nous amène à les décrire séparément. Dans cette partie, nous nous appuyons, pour l'histoire de la machine dans l'agriculture sénégalaise, sur un rapport synthétique (LE MOIGNE, M., TOURTE R., 1970).

1.1 - Les "Echecs" de la Motorisation des Opérations Culturales

Ce terme "échecs" doit être relativisé, car s'il est bien vrai qu'il y en a eu de nombreux, la motorisation n'a pas pour autant disparu du pays ; elle connaît même un regain d'intérêt dans la région du fleuve (delta surtout).

1.1.1. - En Terres Exondées

Dès la fin de la seconde guerre mondiale, l'essor pris par les tracteurs en Europe a entraîné la mise sur pied en Afrique de gros projets où tout devait être mécanisé. Au Sénégal, une relative prudence des techniciens a permis de limiter leur implantation ; ils visaient la mécanisation de la culture de l'arachide pour la production de corpsgras, il s'agit des Centres de Boulel (en 1948) et de la CGOT (en 1950).

Les superficies cultivées s'étendaient respectivement sur 3000 ha de "terres neuves" et 6000 ha de forêts en Casamance ; ces deux projets ont dû faire face à des problèmes de défrichement, de mise en défens et de premières mises en culture, d'où un équipement important en tracteurs lourds à chenilles, etc... Faute d'autres moyens, c'est également une motorisation lourde qui effectuait les façons culturales. En quelques années, les faibles rendements obtenus (1 t/ha), la non commercialisation des céréales et la mise en culture d'une sole de régénération non productive ne permettent pas à ces projets d'être rentables. Dès 1953, une culture en "Association" avec intervention des paysans est lancée à la CGOT et en 1955 commence la reconversion de Boulel vers la culture attelée. Pour finir, la motorisation a disparu de ces projets dans les années 1960, les terres dessouchées sont aujourd'hui cultivées par les paysans en traction animale.

Plus récemment (1977), la SODEFITEX a introduit une dizaine de tracteurs Bouyer TE de 20 CV (motorisation intermédiaire) dans des exploitations agricoles de taille suffisante (environ 20 ha). Mais très rapidement, en 5 à 6 ans, ces exploitations ont abandonné la motorisation^{ce} qui peut paraître paradoxal quand on connaît le succès relatif de ces tracteurs dans les zones cotonnières du Mali et du Burkina Faso (plus de 100 tracteurs sont en service dans chacun de ces pays). L'échec de cette motorisation intermédiaire est dû à des problèmes de développement (sous-utilisation du tracteur, surfaces d'exploitation trop faibles et mauvais choix des exploitants), à des défaillances techniques (moteurs et équipements inadaptés au démarrage de l'opération) et enfin une mauvaise maintenance (BORDET D., 1980).

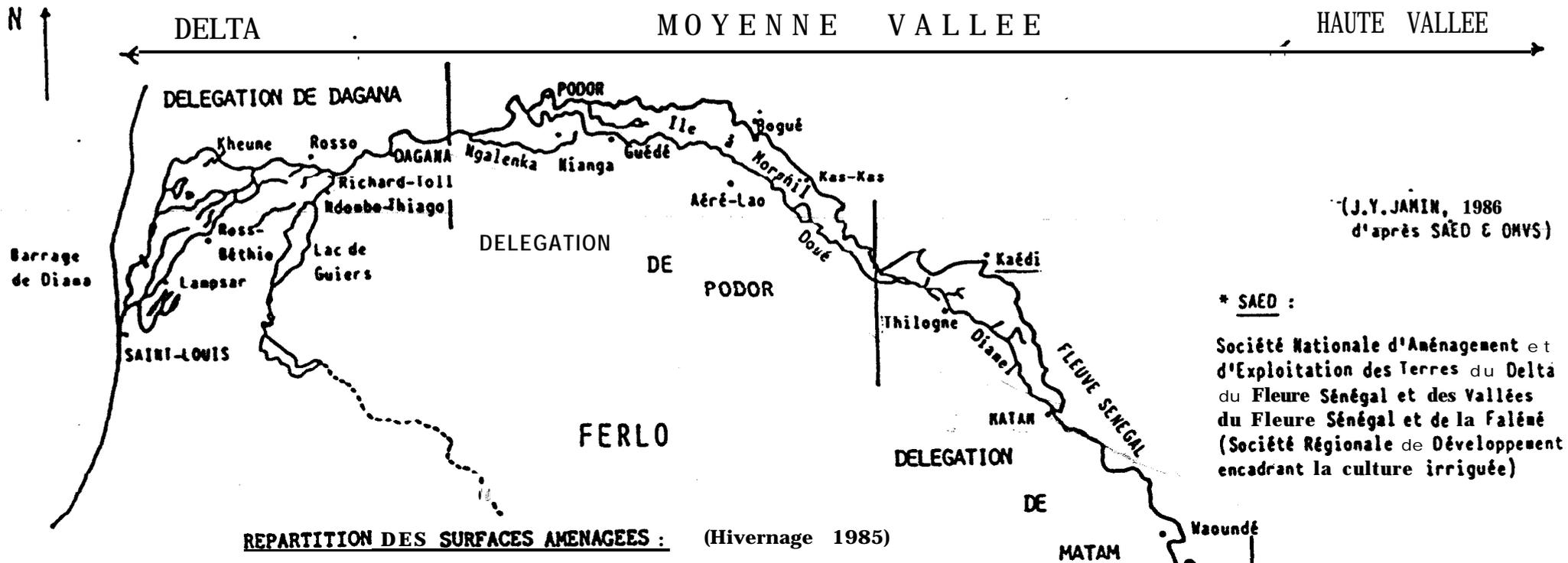
Les dernières expériences sont en cours en Basse-Casamance où des tracteurs de 60 CV et des motoculteurs japonais, donnés en 1985, sont gérés par la SOMIVAC. Ces matériels vont subir le même sort que les minitracteurs et motoculteurs coréens donnés en 1982 et 1983 et que les motoculteurs chinois qui étaient encore en service après le départ des chinois de la MAC dans les années 1980, c'est à dire qu'ils vont disparaître progressivement faute de pièces de rechange et d'un suivi sérieux. Sur de telles expériences, nous n'abordons même pas le problème de la rentabilité économique, car cela ne voudrait rien dire,

1.1.2 - En Terres Alluvionnaires

La motorisation est extrêmement liée aux aménagements hydro-agricoles, car :

- 1) Elle est apparue dans le Delta sur les aménagements qui sont indispensables à son utilisation rationnelle ;
- 2) Le choix d'un niveau donné de motorisation est conditionné, et même limité, par l'aménagement réalisé ;
- 3) Il est très possible de réaliser des aménagements prenant en compte la mécanisation, soit présente ou soit à introduire.

ZONES D'INTERVENTION DE LA SAED* ET REPARTITION DES SURFACES AMENAGEES POUR LA CULTURE IRRIGUEE



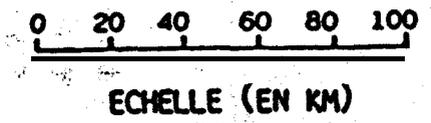
(J.Y. JAMIN, 1986
d'après SAED & OMVS)

* SAED :
Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du Fleuve Sénégal et des Vallées du Fleuve Sénégal et de la Falémé (Société Régionale de Développement encadrant la culture irriguée)

REPARTITION DES SURFACES AMENAGEES : (Hivernage 1985)

TOTAL AMENAGE AU SENEGAL : 26 000 Ha (plus agro-industries : 7 700 Ha)

REGION	DELTA			MOYENNE VALLEE							
	foyers +privés	PIV	grands aménagements	PIV	grands aménagements	P	I	V			
ZONE	DELTA			Dagana	Ngalen- ka	Nianga	Guédé	Podor- Guédé	Aéré- Lao	Matam	Bakel
SURFACE AMENAGEE (en Ha) ET PART DU TOTAL (en p.c.)	1 000 7	1 200 5	9 700 37	1 920 7	740 3	980 4	400 2	1 550 6	2 620 10	3 790 14	1 230 5



1.1.2.1. - Le Delta

Il a connu les premières études d'aménagement vers 1940, mais le début des réalisations en **1948** a donné naissance au casier expérimental de Richard-Toll, et le développement effectif sur le delta commence en 1960 sous la coupe de l'OAD et se poursuit avec la SAED à partir de **1965**.

Le Casier Expérimental de Richard-Toll et la C.S.S.

La construction du barrage sur la Taouey en **1948** permit d'aménager progressivement le casier expérimental, et les 6000 ha prévus furent atteints en **1953**. La gestion de ce casier et des infrastructures (rizerie) sera toujours réalisée par des organismes d'état (ORTAL^(*) puis SDRS à partir de 1960). Les paysans n'ont été concernés que par la fourniture d'emplois salariés, sauf sur le colonat de Richard-Toll créé en 1956 par une association d'agriculteurs (300 ha cultivés) et sur lequel le casier expérimental effectuait des prestations de service en mécanisation.

Sur les 4500 ha cultivés en moyenne, les principales opérations culturales étaient les suivantes (WANDERS A. A., 1974) : la préparation du sol en sec aux chenillards, le semis et l'épandage d'engrais au tracteur, aucun désherbage à partir de 1964, la récolte à la moissonneuse-batteuse.

Jusqu'en 1970, ce casier a géré un parc assez important de matériels agricoles composé suivant les périodes de **100** à 250 tracteurs avec des matériels de préparation des sols (offsets et quelques charrues à disques), de semis et d'épandage d'engrais, et de moissonneuses-batteuses (de 52 en 1957 à 20 en 1970). Parmi les tracteurs, on trouvait au départ surtout des chenillards (type Caterpillar D4 de 57 CV) puis de plus en plus de tracteurs à roues de 65 à 75 CV après 1960 (MF 165, MF 175, MF 178), et des chenillards plus puissants (type Continental CD 6 de 70 CV). La diminution du nombre de moissonneuses-batteuses est liée aux difficultés de gestion de ces matériels (pannes nombreuses et coûts de fonctionnement très élevés).

En 1970, devant les nombreuses difficultés rencontrées (terres très lourdes, planage difficile à maintenir, rendements trop faibles pour rentabiliser la motorisation, etc...), le casier cherche son salut dans l'établisse-

(*) C'était une entreprise d'état

ment de deux récoltes de riz par an et une reconversion possible en spéculation plus rentable (canne à sucre), ce qu'elle ne pourra faire. C'est une société privée, la C.S.S., qui sera créée en 1970 pour cultiver et transformer la canne. Aujourd'hui, elle cultive 7000 ha en motorisation presque intégrale (la coupe est manuelle) et son maintien est assuré par son monopole sur le sucre.

Les Aménagements de l'OAD et de la SAED

Ils furent envisagés à partir de 1960 avec la création de l'OAD qui fut remplacé en 1965 par la SAED. Le grand bouleversement fut la construction en 1964 de la digue périmétrique longeant la rive gauche du fleuve qui permet de contrôler l'admission de la crue dans les cuvettes (aménagements primaires). Si des subdivisions en courbes de niveau (tous les 25 cm) existent dans la cuvette, on parle d'aménagements secondaires. Ces périmètres sont cultivés en culture semi-mécanisée avec participation des paysans. La SAED réalise les préparations du sol en sec aux chenil lards.

A partir de 1971, au vu des résultats décevants obtenus sur ces aménagements, la SAED décide de passer progressivement (environ 10 ans) aux aménagements tertiaires (maîtrise totale de l'eau d'irrigation et de drainage) sur lesquels les parcelles sont de tailles plus réduites. On s'oriente alors vers les tracteurs 3 roues, plus faciles à manier que les chenil lards sur ces aménagements. Pendant cette période, l'utilisation d'offsets traînés s'est traduite par une augmentation de puissance des tracteurs à roues (110/120 CV aujourd'hui) par rapport aux chenil lards (70-80 CV), car avec des outils traînés, l'effort de traction est proportionnel au poids du tracteur et un chenillard de 70 CV pèse autant qu'un tracteur à roues de 120 CV (*).

Le parc de tracteurs est géré par la SAED en colonnes de 7 unités où un tracteur à roues de faible puissance assure le transport du carburant, des pièces détachées, etc.... Depuis les premières années, les prestations de la SAED sont sous-facturées aux paysans qui bénéficient donc d'une subvention indirecte. Ne pouvant continuer à supporter ces charges, la SAED a mis en place en 1981, des expériences visant à préparer le passage de la gestion des

(*) Bien sûr, ce n'est pas le seul facteur qui agit sur l'adhérence car il y a aussi la surface de contact avec le sol, qui là encore est à l'avantage des chenil lards.

matériels aux paysans. Et le a cédé, sur le site de Ndombo/Thiago (**), onze unités mécanisées à base d'un tracteur de 45 CV à 11 groupements de producteurs installés sur 50 ha chacun. Sur un autre groupement confié à l'ISRA, 4 motoculteurs Bouyer TR 100 de 11 CV ont été testés (COURTESOLE P., JAMIN J.Y., 1982). Très rapidement, les paysans ont rejeté les motoculteurs d'utilisation plus pénible que les tracteurs et moins intéressants pour les transports. Ces groupements, pourtant encadrés pour la gestion, n'ont jamais atteint l'autonomie financière (les dotations aux amortissements ne sont pas intégralement versées).

les Autres Aménagements

Ils intéressent des superficies beaucoup plus faibles. Ce sont des périmètres en irrigation par aspersion (cas de la SOCAS et de la SNTI, qui gèrent leur propre parc de matériels sur respectivement 250 ha et 110; ha) et des P.I.V. (cas des périmètres privés et villageois qui ont recours aux services de la SAED et des privés pour les préparations du sol).

1.1.2.2. - La Vallée

A part le casier de Guédé sur lequel les expériences de mécanisation remontent aux années 50, la Vallée a été touchée tardivement par les aménagements (1972).

Les Grands Aménagements Tertiaires (Basse-Vallée surtout)

Leur réalisation a démarré vers 1975, et ils sont travaillés de la même manière que le Delta, en majorité sous forme de prestations de service de la SAED pour la préparation des sols. Dès 1977, on a envisagé de transférer la gestion de la mécanisation aux paysans par le canal de CUMA de 60 ha à Guédé et de 100 ha à Dagana et Nianga. Ces expériences ont permis de préciser certaines données techniques : les tracteurs de 35 CV à Guédé et 45 CV à Dagana sont insuffisants (l'optimum semble être de 65 CV), la moissonneuse-batteuse utilisée sur les 3 CUMA est d'un entretien trop délicat et son fonctionnement coûte trop cher (*) (matériel à exclure de l'équipement des CUMA). Les 11 SUMA installées en 1985 à Nianga Par un projet allemand ont bénéficié de ces acquis techniques

(**) Ce site a aussi été retenu pour tester les possibilités de la double culture (perspective de l'après-barrage dans le Delta), car avec la proximité du lac de Guiers, l'eau douce est disponible toute l'année.

(elles sont organisées autour d'un tracteur de 65 CV, et elles n'ont pas acheté de moissonneuse-batteuse), mais dès les premières années, elles n'arrivent pas à verser intégralement les dotations aux amortissements (**).

Les P.I.V.

Ils représentent la majorité des superficies aménagées dans la Vallée, mais ils sont encore très peu mécanisés. Les premiers à s'y intéresser ont été les chinois à partir de 1969 à Guédé. Ils pratiquaient la double culture du riz avec préparation des sols aux motoculteurs chinois, repiquage, entretien, récolte et battage manuels. Avec un encadrement dense, les résultats obtenus (10 à 15 tonnes par an avec deux cultures) montrent que la réussite technique et économique de la double riziculture est assurée (WANDERS A.A., 1974), mais le repiquage pose des problèmes de main d'oeuvre et limite les superficies d'une famille à 0,25 ha. Après le départ des chinois, les motoculteurs ont rapidement disparu par défaut de pièces et manque de renouvellement. Depuis 1982, un projet Italien (ITALIMPIANTI) a effectué près de Podor de nouvelles tentatives avec des motoculteurs italiens de 14 CV, qui ont été rejetés par les paysans au profit d'un petit tracteur à 4 roues égales de 30 CV environ. Sous peu, ce projet doit lui aussi équiper une dizaine de groupements de 50 ha avec ce matériel, etc.

Sur ces P.I.V., les prestations mécaniques de la SAED ont toujours été limitées.

Le résumé de cette partie fait apparaître des nuances quant aux résultats de la motorisation des opérations culturales :

- 1) En terres exondées, la motorisation est bel et bien un échec ;
- 2) Sur les grands périmètres rixicoles du Delta et de la Vallée, c'est la grosse motorisation (tracteurs, à roues et à chenilles de 50 à 120 CV) qui est utilisée, au détriment des motoculteurs et des petits tracteurs, pour la préparation des sols et les transports, mais l'introduction des moissonneuses-batteuses s'est toujours traduite par des échecs ;
- 3) Sur les P.I.V., les expériences de motorisation sont peu nombreuses, mais il semble que les petits tracteurs (environ 30 CV) sont mieux

(**) Même conclusion que pour les groupements de Ndombé / Th : 200

acceptés que les motoculteurs (cas du projet ITALIMPIANTI) ;

4) En riziculture, l'utilisation en régie, bien qu'elle ait fonctionné pendant 20 ans sur le Casier Expérimental de Richard-Toll, n'est pas concluante techniquement et financièrement. Par contre, ce mode de gestion est en vigueur dans les agro-industries du Delta (C.S.S., SOCAS, SNTI) ;

5) La gestion d'un parc de matériels agricoles par un organisme d'état, en l'occurrence la SAED, qui loue ses services aux paysans sous forme de prestations sous-facturées, fonctionne depuis 20 ans, mais, dans le contexte actuel, le volume important des charges supportées par la SAED condamne cette pratique à disparaître sous peu au profit de privés et ou d'"Associations (*) de producteurs" (SUMA, CUMA, GIE, etc. .) ;

6) Les premières tentatives de gestion de la motorisation par les groupements de producteurs de Ndombo/THi ago et les SUMA de Ni anga ne sont pas satisfaisantes financièrement, mais elles ont évolué dans un milieu défavorable (concurrence de la SAED avec ses prix subventionnés, peu ou pas de double culture que l'on considère comme une condition sine qua non pour "rentabiliser" la motorisation). Aujourd'hui, avec le désengagement de la SAED et la mise en place progressive de la double culture, les perspectives de gestion des matériels par les paysans semblent meilleures. C'est pourquoi de nouvelles "Associations de producteurs" (80) seront prochainement dotées de matériels agricoles sur un crédit de la CNCAS (financement BOAD), mais par mesure de prudence, il est prévu de se limiter à onze dans un premier temps (1987).

1.2. - L'Impact de Certains Matériels Post-Récolte ,

La spécificité des conditions de battage et de transformation des différentes cultures nous conduit à distinguer plusieurs filières.

1.2.1 - La Filière Arachide

Deux matériels sont réellement utilisés, ils sont liés aux opérations :

- de commercialisation, il s'agit des cribles manuels SISCOMA placés à un ou plusieurs exemplaires au niveau des SECCOS pour le tri des livraisons des paysans. Depuis une vingtaine d'années, quelques milliers ont été placés ;

(*) On emploie le terme "association", car les formules existantes et/ou à trouver doivent avoir un statut juridique.

- de conditionnement des semences, il s'agit des tarares à moteur SISCOMA. Quelques centaines sont en service.

Maintenant, bien que ce ne soit pas un phénomène nouveau, on voit de plus en plus de décortiqueuses manuelles de fabrication artisanale.

1.2.2. - La Filière Riz

Seule la région du delta du Fleuve a vu un développement important de la mécanisation du battage et du décortiquage. En Basse-Casamance, on ne recense que quelques décortiqueuses villageoises à moteur.

Ainsi, sur le Fleuve on a testé un très grand nombre de batteuses à moteur (Al van Blanch, Vicon, Borgha, Le Louss, etc. . .) de débit entre 1 et 2at/h, sans pour autant avoir trouvé la solution idéale.

Les modèles en service à la SAED sont en fait de moins en moins nombreux, car il y a peu d'entretien, et ce matériel n'est pas renouvelé en régie puisque l'on s'oriente vers un équipement d'"associations de producteurs". En conséquence, le battage manuel est aujourd'hui plus important sur le Fleuve qu'il ne l'était il y a 5 à 10 ans.

Les décortiqueuses villageoises à moteur se sont répandues ces dernières années dans toute la vallée, elles transforment le riz au détriment des rizeries, mais elles présentent l'intérêt pour les paysans de garder le son pour la nourriture de leurs animaux, Le BAME de l'ISRA en a dénombré plus de 100 en 1985 (MORRIS M., 1985).

1.2.3. - La Filière Mil-Sorgho

C'est la plus importante du pays et de nombreux matériels ont été diffusés pour les diverses opérations de transformation.

1.2.3.1. - Le Battage

Le premier modèle, fabriqué par la SISCOMA, a été introduit en milieu rural en 1975 ; il s'agit de la BS 1000 actionnée par un tracteur de 30 à 40 cv. Environ une cinquantaine ont été mises en service, ainsi que quelques batteuses MAROT depuis 1978 et BOURGOIN depuis 1981. Ce dernier modèle, de dimensions et

de débit inférieurs (300 kg/h) est entraîné par un **moteur thermique de 11 CV** sur la version vendue au Sénégal.

1.2.3.2. - Le Décorticage

Les modèles à moteur pour le décorticage à sec ont fait l'objet de vulgarisation depuis 1963 (modèle FAO), mais devant les nombreux problèmes techniques rencontrés (usure rapide du système de décorticage, réglages difficiles), ils n'ont pas eu le développement attendu. Une enquête sur les régions de Thiès et de Diourbel (MBENGUE H.M., 1986) en a dénombré 41 dont 12 en état de marche ; l'ensemble est réparti en trois modèles : le **décortiqueur à cônes abrasifs FAO (39)**, le **décortiqueur à meules HILL THRESHER (1)** et le **décortiqueur MAROT (1)**.

1.2.3.3. - La Mouture

Les moulins (broyeurs à marteaux) à moteurs thermiques ou électriques se sont bien répandus tant en milieu urbain qu'en milieu rural. Les premiers modèles sont apparus dans les années 1950. Ceux utilisés aujourd'hui débitent environ 150 kg/h, et on estime leur nombre à 2000 sur l'ensemble du pays. Quant à leur répartition, les seuls chiffres dont nous disposons sont ceux d'une enquête récente sur les régions de Thiès et de Diourbel (MBENGUE H.M., 1986) où 611 moulins ont été visités (77% sont fonctionnels). Ils appartiennent surtout à des particuliers (82%), les autres sont gérés par des communautés villageoises qui pour 80% d'entre elles les ont reçus en don. Les pannes sont surtout localisées en milieu rural sur les moteurs thermiques. On a relevé 14 marques de moulins, 10 marques de moteurs thermiques et 22 marques de moteurs électriques. La fabrication artisanale est importante. Elle montre le dynamisme de certains forgerons dans ce domaine.

1.2.3.4. - La Filière Maïs

Pour cette culture, cultivée sur des superficies encore réduites, il n'y a pas de matériels spécifiques diffusés à grande échelle mais certains modèles signalés dans la filière mil-sorgho peuvent être utilisés sur maïs : la batteuse BOURGOIN, les décortiqueurs et les moulins.

En résumé, les matériels diffusés ne sont pas au niveau de l'exploitation agricole sénégalaise. Les acquisitions sont réalisées par des particuliers

non exploitants ou des sociétés qui les utilisent pour du travail à façon (batteuses à riz et à mil, décortiqueurs et moulins), par des groupements ou des communautés rurales pour leurs propres besoins (décortiqueurs et moulins à mil surtout), ou encore par l'état au travers des services agricoles (cribles et tarares à arachide).

1.3 - Le Succès de la Culture Attelée

Les chiffres des mises en places annuelles des différentes catégories de matériels (tableau 1, annexe 2) montrent une diffusion très importante ces vingt dernières années. C'est une technologie qui est parfaitement passée en milieu rural. Ces chiffres, il est vrai, ne donnent pas d'indications sur l'utilisation réelle de ces différentes machines sur l'ensemble du pays ; pour l'instant nous ne disposons de chiffres précis que sur le département de Niou (HAVARD M., 1987). De plus, une analyse détaillée de la distribution est nécessaire pour comprendre cet important phénomène de diffusion.

1.3.1. - Les Etapes du Développement de la Culture Attelée

1.3.1.1. - La Vulgarisation du Semis Mécanique (avant 1958)

Les premières "fermes pilotes" utilisant la culture attelée sont apparues avant la première guerre mondiale, mais le semis mécanique avec ânes, et chevaux a débuté réellement à partir de 1930 avec les anciennes sociétés de Prévoyance et s'est poursuivi avec les Sociétés Mutuelles de Développement Rural (SMDR).

Après un coup d'arrêt dû à la seconde guerre mondiale, le semoir de culture attelée s'impose rapidement. Vers 1955-1956, une relance de la vieille idée de traction bovine est même rendue possible grâce au FIDES et à ses encadreurs dans plusieurs CER du Bassin Arachidier, mais ensuite elle sera progressivement abandonnée.

1.3.1.2. - Le Programme Agricole (P.A) de 1958 à 1980 (*)

L'année 1958 est caractérisée par un certain nombre de mesures et d'événements, qui auront un effet considérable sur le développement de la culture attelée :

- Les pays au sein de la communauté française obtiennent une certaine autonomie de gestion :

- Le P.A. est créé, ses principes sont : la caution solidaire des adhérents des coopératives, le lien entre le crédit et la commercialisation, la capacité d'endettement des coopératives et une politique de subventions.

- A l'initiative du CRA de Bambey se tiennent les premières journées du Machinisme Agricole du 13 au 15 Septembre. Elles connaissent un très gros succès et elles permettent aux utilisateurs, aux importateurs, aux fabricants, aux autorités locales et aux services techniques de se rencontrer.

Le P.A. était l'instrument privilégié pour l'accroissement de la production arachidière et celle des céréales ; son élaboration, sa gestion et son contrôle ont entraîné la mise en place de diverses structures :

- de fabrication des matériels (SISCOMA) ;
- d'approvisionnement des paysans en facteurs de production et de commercialisation des arachides (OCA puis ONCAD et coopératives) ;
- de formation et de vulgarisation (SATEC puis SODEVA dans le Bassin Arachidier, CFDT puis SODEFITEX dans la zone cotonnière, PRS et MAC puis SOMIVAC et PIDAC en Basse-Casamance).

Les premiers objectifs visaient l'équipement en semoirs et houes avec les tractions légères pour satisfaire les priorités techniques sur arachide (semis très précoces après les premières pluies et sarclage-binages précoces). Le crédit est accordé pour des U.C.A. (Unités de Culture Attelée) légères (semoirs et houes) et lourdes (polyculteur et ses équipements). En réalité, les premières années, les paysans ont surtout utilisé les semoirs et peu les houes ; dans les unités dites lourdes, c'est souvent pire : ou les boeufs sont vendus et le matériel inutilisé, ou le polyculteur est monté définitivement en charrette.

A partir de 1964, la situation s'améliore avec l'encadrement dense appliqué par la SATEC, puis la SODEVA dans le Bassin Arachidier ; il en ressortira une meilleure utilisation des outils, l'étude d'une politique locale d'équipement. Jusqu'en 1979, la diffusion des matériels légers sera régulière.

Quant aux bovins de traits, le placement était la seule source significative avant 1970 ; les 5000 paires placées jusqu'en 1970 montrent que l'utilisation de cette forme de traction était marginale pour les différentes régions,

seule la Casamance se distinguait déjà avec plus de la moitié des paires placées (non adaptation des chevaux dans cette zone).

Le résultat de toute cette politique est que plus de 80% des mises en place de matériels ont été effectuées pendant le P.A principalement dans le Bassin Arachidier (90% des mises en place pour chaque catégorie de matériels, sauf les butteurs et les charrues). Depuis 1963, l'ensemble des matériels est fabriqué par la SISCOMA, sauf les charrettes. En quantité, les matériels suivants ont été diffusés :

- 272000 semoirs dont 99% de super-éco monorangs ;
- 340000 houes dont 6% de houes sine, 25% de houes occidentales et 14% de bât i s arara ;
- 139000 charrettes dont 70% d'équines, 15% de bovines et 15% d'asines ;
- 88500 souleveuses dont 60% de firdou et 40% d'arara ;
- 64000 charrues dont 85% d'UCF et 15% de corps adaptables sur houe sine et arara ;
- 9100 butteurs adaptables sur arara (85%) ou houe si ne ;
- 9500 unités dites lourdes dont 95% d'ariana et le reste en polyculteurs.

Pour le cheptel de trait, les services de l'élevage (tableau 2, annexe 2) estiment sa composition en 1980 à 45000 paires de bovins, 220000 équins et 200000 asins.

1.3.1.3. - L'Après Programme Agricole (1980 à nos jours)

La suspension du P.A a été provoquée par l'endettement des coopératives (31 milliards de F CFA en 1981). De mauvaises récoltes d'arachide dues à la sécheresse et le blocage des prix ont été les principales causes de l'incapacité des paysans à rembourser leurs dettes.,

Les structures fortement dépendantes du P.A ne lui ont pas survécu : la SISCOMA dépose son bilan en 1980 et l'ONCAD est dissout la même année.

Seuls des projets ponctuels, le PIDAC en Basse Casamance et la SODEFITEX au Sénégal Oriental et en Haute Casamance, ont pu mettre en place un nombre limité de machines chez les paysans.

Aujourd'hui, en dépit de la création de nouvelles structures (la SISMAR en 1982 pour la fabrication et la CNCAS en 1984 pour le crédit), et de la prise en charge de la commercialisation des arachides par les huiliers, on peut considérer que la situation est identique à 1980.

Quant aux animaux de trait, les équins et les asins semblent s'être stabilisés autour de 200000 unités pour chaque espèce. Pour les bovins, les aspects élevage pour les femelles et embouche pour les mâles leur confèrent un intérêt particulier et justifient leur évolution au cours de cette dernière période dans certaines zones. On estime leur effectif à environ 70000 paires essentiellement localisées au Sud du Bassin Arachidier, en Casamance, au Sénégal Oriental.

1.3.2. - La Répartition des Matériels et des Moyens de Traction

Les statistiques sur l'utilisation de la culture attelée à l'échelle des grandes régions n'existant pas, nous avons procédé à un certain nombre d'estimations (HAVARD M., 1985) à partir des chiffres de mises en place et réalisé un zonage provisoire de la traction animale dans le pays.

1.3.2.1. - Estimation du Parc de Matériels Utilisés

En tablant sur un âge de réforme moyen de 15 ans (*), le parc en service en 1983 aurait été de 145000 semoirs, 230000 houes, 100000 charrettes, 70000 sou leveuses et 52000 charrues ; soit en moyenne entre 45 et 75% des mises en place suivant les catégories de matériels. Le maximum d'utilisation aurait été atteint en 1979 avec 230000 semoirs, 310000 houes, 130000 charrettes, 85000 souleveuses et 58000 charrues.

En tenant compte des données de 1983 pour estimer le niveau d'équipement moyen (nombre d'ha par machine) à l'échelle régionale et en les comparant

(*) C'est seulement un ordre de grandeur pour mettre en évidence la différence avec les chiffres moyens admis en motorisation (5 à 6 ans). Il est certain que pour certains matériels, ce sera moins (charrues en Casamance) et d'autres légèrement plus (semoirs dans le Bassin Arachidier), mais à ce stade des estimations, des précisions plus poussées sur chaque type de matériel.

aux normes ISRA (référentiel d'exploitations types par région), on trouve que le rapport des niveaux estimés sur les normes ISRA est compris entre 1 et 15, ce qui montre que le sous-équipement est général.

Ces conclusions tirées d'une étude théorique doivent être appuyées par une série d'enquêtes sur les inventaires de matériels. Les premières études menées dans ce sens sur le terrain à Thyssé en 1984 et sur le département de Nioro en 1985 (HAVARD M., 1987) nous apportent quelques éléments de réponse, que l'on ne peut extrapoler, mais qui nuancent les conclusions précédentes :

- Le niveau d'utilisation des parcs est stabilisé depuis 1979-1980, mais avec des difficultés croissantes de maintenance ;

- Le niveau d'équipement est plus que satisfaisant en semoirs, en houes et en souleveuses sur le département de Nioro (le rapport entre le niveau réel et les normes de l'ISRA est légèrement inférieur à 1 pour chacun de ces matériels) ;

- Le cheptel de trait n'est pas un facteur limitant pour l'utilisation des matériels (1,3 attelage/semoir, 1,2 attelage/houe, etc).

1.3.2.2. - Les Principales Caractéristiques des Différentes Zones de Culture Attelée

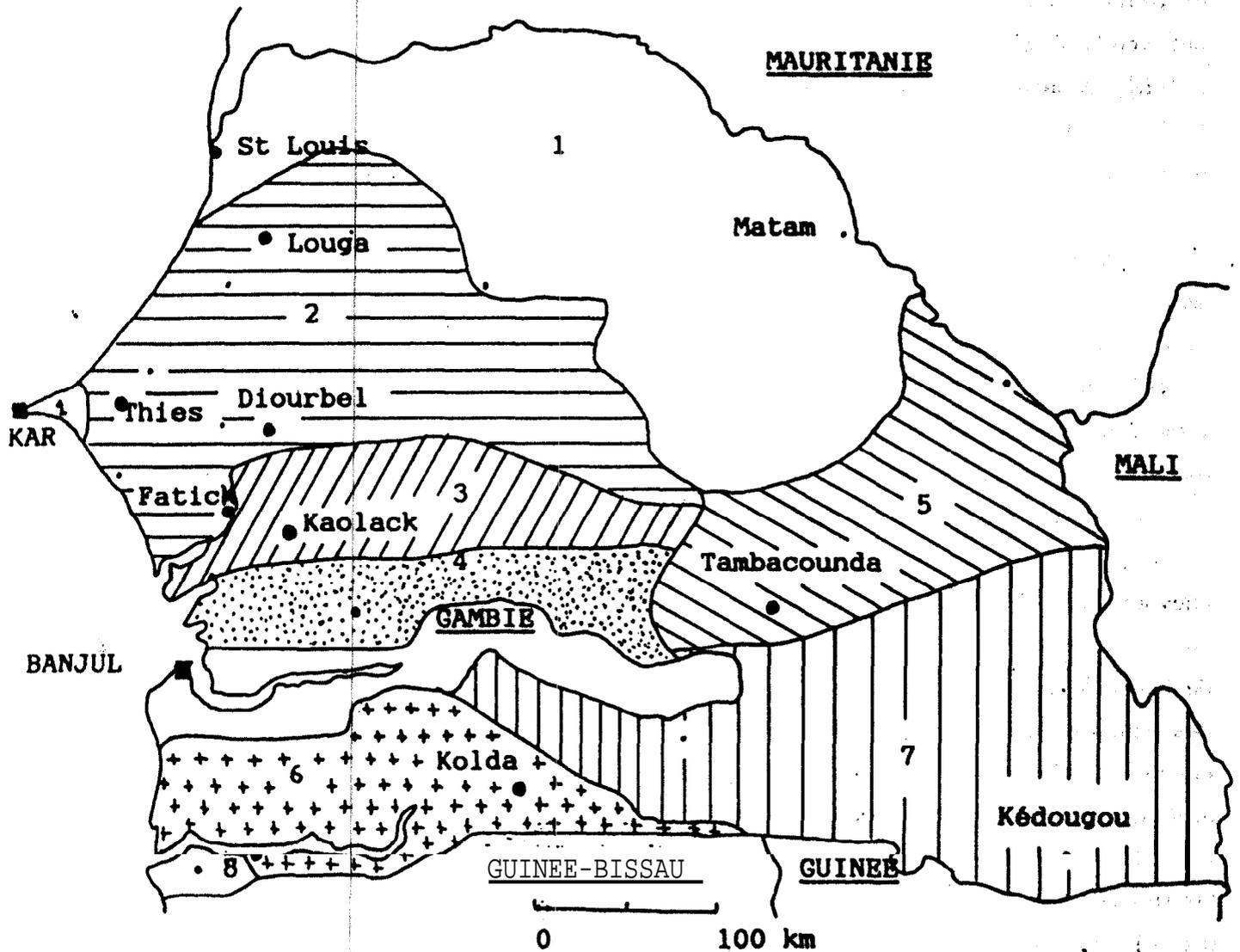
Le zonage présenté (carte) est tiré d'une étude sur la culture attelée au Sénégal (FAYE A., HAVARD M., 1987). Elle distingue huit grandes zones, mises en évidence par les modes de traction et les types de matériels dominants, ce qui n'exclue pas dans chacune de ces zones l'utilisation d'autres machines et modes de traction.

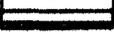
- La Zone 1 :

Elle comprend le bassin du fleuve jusqu'à Bakel environ et la région de Dakar où la traction animale (équine et asine) est utilisée au transport avec des charrettes et le Ferlo (zone sylvo-pastorale) où le transport est effectué 3 dos d'ânes.

Dans cette zone, on assiste depuis la dernière décennie à une régression des cultures pluviales à cause de la sécheresse et des aménagements hydro-agricoles dans la vallée. Ceci s'est traduit par une diminution de l'utilisation des "

CARTE : LES DIFFERENTES ZONES DE CULTURE ATTELEE EN FONCTION
DES TYPES DE TRACTION ET DES MATERIELS AGRICOLES
LES PLUS UTILISES



- 1  TRANSPORT, EQUINS ET ASINS
- 2  SUPER ECO, HOUE OCCIDENTALE, SOULEVEUSE ARARA, EQUINS ET ASINS
- 3  SUPER ECO, HOUES OCCIDENTALE ET SINE, SOULEVEUSES ARARA ARTISANALES ET FIRDOU, EQUINS
- 4  SUPER ECO, HOUE SINE, SOULEVEUSES ARTISANALES ET FIRDOU EQUINS ET BOVINS
- 5  SUPER ECO, HOUE SINE, BUTTEUR ARARA, EQUINS ET BOVINS
- 6  CHARRUE U.C.F., BUTTEURS ARARA ET GAMBIEEN, BOVINS
- 7  CHARRUE U.C.F., HOUE SINE ET CHAINE ARARA, BOVINS
- 8  PAS D'UTILISATION DE LA TRACTION ANIMALE

REMARQUE : La charrette, non spécifique à une zone, fait partie des matériels les plus utilisés.

matériels de culture attelée (houes, semoirs et souleveuses en tractions équines et asines) dans les villages au Sud du département de Dagana. Certains paysans ont vendu leur matériel (surtout ceux qui sont "montés" vers les casiers rizicoles), d'autres les conservent mais les utilisent assez peu. L'arrondissement de Rao, dont les caractéristiques sont proches de celles de Louga, reste un peu mieux équipé que le reste de la zone 1.

- Les Zones 2, 3 et 4 :

Elles correspondent au Bassin Arachidier où la densité de matériels de culture attelée et d'animaux de trait est supérieure au reste du pays. La zone 2 s'étend aux régions de Louga, Thiès et Diourbel où le travail du sol est inexistant. On y rencontre les semoirs, les houes occidentales surtout, mais aussi des houes sine et les souleveuses artisanales et arara. Les tractions équines et asines dominent : en 1982 sur Diourbel, la SODEVA annonçait 75% de chevaux, 23% d'ânes et 2% de paires de bovins. La zone 3 est une zone transitoire entre la 2 et la 4, elle s'étend de Fat ick à Koungheul, de part et d'autre de Kaolack sur une bande de 60 km de large. On y trouve beaucoup de semoirs et des houes occidentales et sine à égalité ; les souleveuses se répartissent entre les firdou, les arara et les artisanales. Les équins sont légèrement plus nombreux que dans la zone 2 et les asins diminuent au profit des bovins. La zone 4 ou Sud Sine Saloum est caractérisée par le développement de la traction bovine (paires de boeufs et de vaches), mais elle est encore moins importante que la traction équine. Il y a toujours beaucoup de semoirs, de houes sine, de souleveuses firdou et artisanales. Le travail du sol avant semis est toujours très limité (grattage en sec et en humide) ; le labour est presque inexistant malgré la présence de quelques charrues. La forte densité d'ariana enregistrée sur l'Unité Expérimentale est une exception. Les résultats de notre enquête sur le département de Nioro en 1985 nous permettent de donner la densité par carré des matériels et des attelages utilisés : 1,9 attelage dont 73% d'équins à égalité entre les chevaux et les juments, le reste est partagé équitablement entre les bovins et les asins, 1,5 houe dont 90% de houes sine, 1,4 super-éco, 1,1 souleveuse dont 60% de fabrication artisanale et 0,6 charrette dont 90% d'équines.

- Les Zones 5 et 7

On peut les assimiler au Sénégal Oriental et la Haute Casamance

c'est à dire à la zone d'emprise de la SODEFITEX, où la densité en matériels est inférieure à celle des zones 2, 3 et 4. La distinction entre les zones 5 et 7 provient des techniques culturales et des modes de traction différents (la zone 7, pour des raisons sanitaires, est pratiquement réservée aux bovins). En zone 5, le travail du sol est limité, les techniques culturales se rapprochent de celles de la zone 4. On y trouve des super-éco (les tentatives d'introduction du semoir à coton "Tamba" ont échoué car la SODEFITEX trouvait les densités semées trop faibles), des arara (canadiens et butteurs, car ce butteur était le matériel vulgarisé par la CFDT dans les années 1970) et maintenant des houes sine sur lesquelles on peut aussi adapter un corps butteur. Les tractions équine et asine dominent largement la traction bovine. La zone 7, plus humide, est équipée en UCF pour les labours de début de cycle destinés à enfouir l'herbe, en butteurs arara et maintenant en houes sine ; les semoirs existent mis en nombre réduit. Les bovins sont largement majoritaires, mais la sécheresse a amené des équins et des asins pour les transports et le semis.

- La Zone 6 :

Elle s'étend sur la Basse et la Moyenne Casamance, on y trouve en majorité la traction bovine pour des raisons sanitaires, mais avec la sécheresse de ces dernières années les chevaux et les ânes ont traversé la Gambie. Dans ces régions on pratique le travail du sol avant semis (labour d'enfouissement de mauvaises herbes) à plat ou en billons, mais la culture sur billons condamne l'emploi du semoir super-éco. Les matériels diffusés sont la charrue UCF, les butteurs arara et gambien (ce dernier est surtout répandu près de la frontière) (FALL A., 1985). Le semoir existe au nord et il est aussi quelquefois utilisé pour le riz. Enfin, la traction bovine n'est pratiquement pas employée dans la riziculture de bas-fonds.

- La Zone 8 :

Pratiquement, c'est le département de Oussouye où l'on cultive presque exclusivement du riz. La traction animale est inexistante même pour le transport effectué à pied ou à bicyclette.

En résumé, la culture attelée s'est bien intégrée dans l'exploitation agricole sénégalaise qui s'est intéressée en priorité aux unités légères et simples (semoirs et houes) au détriment de matériels lourds et polyvalents

(ariana et polyculteurs) réservés à la traction bovine. Cette dernière s'est bien développée dans les zones interdites aux équins et aux asins.

2 - LA CONTRIBUTION DE LA RECHERCHE EN MACHINISME AU DEVELOPPEMENT DE LA MECANISATION DES DIFFERENTES CULTURES

Dans ce chapitre, nous analyserons les principaux objectifs de travail de la recherche en machinisme au travers des actions conduites à différentes époques et de son insertion au niveau de la recherche agronomique, sans oublier sa participation aux instances nationales sur la politique à suivre en matière d'équipement des exploitations agricoles. Nous terminerons par la présentation de deux exemples de matériels agricoles sur lesquels la recherche a eu à intervenir sous différentes formes avant et après leur introduction en milieu rural.

2.1 - La Recherche en Machinisme au Sein de la Recherche Agronomique

En 1949, une Section de Mécanisation est créée et incorporée à la division d'Agronomie du Centre de Bambey. Elle ne devient un service individualisé qu'à partir de 1960 sous le nom de Division du Machinisme Agricole et Génie Rural. En 1983, la recherche en machinisme est éclatée à l'intérieur de plusieurs programmes gérés par le Département Systèmes de Production et Transfert de Technologie en Milieu Rural de l'ISRA.

2.1.1. - La Section de Mécanisation (1949-1960)

Les résultats obtenus par la Division d'Agronomie de Bambey, alors Centre de Recherche pour toute l'Afrique Occidentale Française, ont permis de jeter les bases de cahiers des charges de matériels à mettre au point en vue de la mécanisation de la culture de l'arachide (semis autant en culture attelée qu'en culture motorisée). Une section de mécanisation a été créée pour essayer en premier lieu de trouver des matériels répondant aux cahiers des charges. Ses premiers travaux ont été :

- des tests de matériels proposés par des constructeurs, en majorité des semoirs de culture attelée pour arachide ;

- des adaptations et des mises au point de matériels avec l'aide de constructeurs : semoirs à arachide motorisés FABRE, puis prototype de batteuse à mil en 1957, etc..

A cette époque, parallèlement à cette structure, de nombreux projets effectués par leur propres recherches en mécanisation : la demande était tellement importante que la section de Bambey n'aurait pu satisfaire tous ces besoins avec ses moyens. Dans cette note, nous ne rappellerons pas tous les travaux, mais nous mentionnons ceux qui ont eu un effet considérable sur la mécanisation de l'agriculture du pays ; à savoir les nombreuses machines de culture attelée que Jean NOLLE a inventées (houe sine, tropiculteur, etc...) lors de son séjour au Sénégal dans les années 50-60.

Devant l'intérêt croissant de certains constructeurs pour l'Afrique et la réussite de nombreux travaux, le Centre de Bambey a senti la nécessité d'organiser des démonstrations, des présentations et des discussions sur les matériels adaptés aux conditions africaines. Il a donc organisé, du 13 au 15 Septembre 1958, les premières journées du Machinisme Agricole. Ce fut un succès et on décida de reconduire cette expérience 5 ans plus tard.

A l'approche de l'Indépendance, le bilan des travaux effectués par la Section de Mécanisation du Centre de Bambey est plus que satisfaisant : des solutions existent pour les semis d'arachide en culture attelée et en culture motorisée. Les travaux de mises au point de certains matériels sont bien avancés (souleveuses à arachide de culture attelée, batteuse à mil à moteur, etc..), la mécanisation est perçue comme une priorité pour l'agriculture africaine (sénégalaise en particulier) à la suite des journées du Machinisme qui ont fait sentir aux constructeurs la nécessité de coordonner leurs interventions pour plus d'efficacité. On sent qu'il faut donner plus d'ampleur aux recherches sur la mécanisation et par conséquent la sortir du domaine agronomique pur.

2.1.2. - La Division du Machinisme Agricole et Génie Rural (1960-1983)

Sa création coïncide avec l'Indépendance au moment où Bambey devient le Centre National de la Recherche Agronomique du Sénégal. L'existence de cette division signifie que l'on considère l'équipement rural comme un facteur

essentiel de progrès technologique, au même titre que le relèvement de la fertilité des sols, la création du matériel végétal hautement productif, etc.. Elle se structure en deux sections.

2.1.2.1. - Une Section Recherche

a) Objectifs

- Etudier les problèmes généraux, tant agronomiques qu'économiques et humains, que pose l'introduction de la machine dans les différents systèmes existants.

- Etudier l'évolution possible de ces systèmes sous l'impulsion du facteur de progrès remarquable que constitue le machinisme, élément "destabilisant" par excellence.

- Analyser les liaisons réciproques entre la machine et les autres facteurs de progrès, notamment : machine-sol, machine-plante, machine-technique.

b) Les Différents Travaux

De 1960 à 1967, l'effort principal a porté sur la culture attelée bovine lourde dans la zone arachidière. La relance possible de cette dernière s'explique par les techniques évoluées qu'il fallait réaliser, par le souci d'augmenter les capacités du matériel, par la possible saturation des cheptels équins et asins, et dans le souci d'une intégration agriculture-élevage. Sur les matériels, la division formulait les critiques suivantes : les unités légères sont limitées dans leur extension à des opérations telles le semis, le binage et le transport, mais sont un "excellent ambassadeur" de la culture attelée. De leur côté, les unités lourdes sont de remarquables réussites techniques mais guère divisibles dans un souci d'amortissement et de prix trop élevés, il semble donc qu'il reste une place importante pour une unité moyenne à boeufs ou vaches composée de machines à polyvalence réduite.

A partir de 1967, les travaux sur la culture attelée se sont poursuivis, mais une nouvelle orientation a été très nettement donnée, faisant sortir la division de la zone arachidière classique pour les secteurs mis en tête des préoccupations du Plan de Développement, à savoir le fleuve et la Casamance.

Il en découle les années suivantes la mise en place de programmes sur la mécanisation de la riziculture : en motorisation dans le delta et les "casiers", en motorisation à base de motoculteurs et en culture attelée en Casamance. Les stations rizicoles de Richard-Toll et de Djibélor servent de structures d'accueil à ces programmes, tout en étant supervisées par Bambey. Mais assez rapidement, les actions conduites sur le Fleuve sont reprises dans le cadre d'un projet FAO (*) entre 1971 et 1975 (essais de semoirs, de motoculteurs, de batteuses, etc...). En Casamance, les travaux sur la culture attelée dans la riziculture de bas-fonds montrent rapidement les limites de la traction animale dans ces conditions de travail. Le programme est arrêté et les tests de motoculteurs sont repris par Bambey. Pendant ce temps, la division travaille sur la culture attelée (matériels polyvalents, techniques de préparation du sol et d'enfouissement avec la division de physique des sols, études de systèmes de production en station avec la division d'économie rurale) et élabore des projets sur la motorisation (étude de systèmes de production en station, travail à l'entreprise en milieu rural).

A partir de 1977, les travaux sur le Fleuve et à Djibélor sont réduits : tests de matériels, essais de techniques culturales sur riz et suivis de motoculteurs à Richard-Toll. A Bambey, la division ne garde en culture attelée que les essais sur les techniques culturales, la structure d'exploitation de Nioro remplace la traction bovine par la motorisation intermédiaire à base de Bouyer TE (le choix de ce modèle est lié à l'acquisition par la SODEFITEX de 10 /de ces tracteurs). En 1979, elle le démarre sur la station de Séfa une structure d'exploitation motorisée avec un tracteur conventionnel de 60 CV. Les essais de matériels réalisés pendant cette période concernent surtout la motorisation (motoculteurs, tracteurs de motorisation intermédiaire, machines diverses).

En 1982, les difficultés rencontrées par l'ISRA pour financer ces programmes sur la motorisation en plus des conclusions défavorables nous amènent à stopper ces programmes.

(*) Projet International et Coordonné sur la Mécanisation de la Riziculture (GP 4/1 TF INT 43 NET).

c) - Les Principaux Résultats

En matière de culture attelée, ces recherches ont abouti :

- à la mise au point de chaînes de matériels pour la traction bovine, soient polyvalentes (polyculteur), soient à polyvalence limitée (à base de l'ariana ou de la houe sine) ;

- à un référentiel détaillé sur les temps de travaux mécanisés des cultures principales avec les différentes chaînes de matériels aussi bien en traction bovine qu'en traction équine ;

- à la définition en station de systèmes de production à base de traction bovine qui sont économiquement viables ;

- à la fabrication de jougs adaptés aux conditions de culture préconisées par la recherche et aux bovins de traits retenus (zébus et métis de Bambey) ;

- à la mise au point de techniques de travail du sol liées à l'intensification (labours en humide, en sec, de fin de cycle et d'enfouissement).

EN motorisation, les recherches mises en place ont permis :

- d'élaborer les référentiels sur les opérations mécanisées des principales cultures avec les motoculteurs, les tracteurs conventionnels et de motorisation intermédiaire (temps de travaux, consommation, etc...) ;

- d'attirer l'attention de la recherche agronomique, du développement et des décideurs sur la priorité à accorder aux facteurs économiques. La rentabilité est une obligation de survie ;

- de montrer l'intérêt de cette dernière en association avec la culture attelée pour des travaux spécifiques, voire impossibles en traction animale dans les conditions actuelles (labour, battage et transformation du mil) ;

- de mettre en évidence son inadaptation aux exploitations agricoles sénégalaises, et les difficultés de sa gestion par des groupements et/ou des communautés villageoises.

2.1.2.2. - Une Section Essais

De fait, elle est la station d'essais de machines et de matériels agricoles. Ses objectifs sont de :

- tester le matériel dans les conditions réelles d'utilisation, donc des essais pratiques menés dans les régions intéressées et sur les différentes plantes ou les sols divers pour lesquels la machine est prévue. Ces essais, portent sur le matériel local ou d'importation de culture attelée ou motorisée (moulins, décortiqueurs, semoirs tracteurs, motoculteurs, etc...) ;

- adapter le matériel, c'est une phase qui suit le plus souvent les tests précédents (cas des distributeurs de semoirs, des pièces travaillantes : dents ou socs, des cribles à arachide, etc...) ;

- créer ou susciter chez les constructeurs la création de matériels nouveaux lorsque le matériel existant ne convient pas (semoirs à riz de culture attelée, arracheuse cerceau, batteuse à mil, houe sur semoir, etc...). Le rôle des journées du Machinisme de 1958 et 1963 a été déterminant car elles ont attiré de nombreux constructeurs, ce qui a permis la création de la SISCOMA par le groupe TROPICULTURE (association de constructeurs français).

2.1.2.3. - Ses Moyens :

Sur le centre de Bambey, elle dispose :

- d'un atelier de mécanique générale où les postes : mécanique, soudure, forge, entretien général, sont tenus par des ouvriers qualifiés ;

- d'un hall d'essais permettant les tests à poste fixe ;

- de moyens de mesure (dynamomètres pour les efforts, banc dynamométrique pour tracteurs, etc...).

Pour ses interventions dans les autres stations, elle utilise les moyens de ces dernières (équipements simples d'atelier et les moyens de traction : animaux ou engins motorisés).

2.1.3. - Les Programmes Régionaux de l'ISRA en Matière de Machinisme Agricole (Depuis 1983)

En 1982, la restructuration de l'ISRA dans le cadre du projet de Recherches Agricoles a fait éclater la Division du Machinisme Agricole en plusieurs programmes régionaux gérés par le nouveau Département de Recherches sur les Systèmes de Production et le Transfert de Technologie en Milieu Rural. Ce découpage s'accorde bien avec les conclusions d'une mission sur les propositions d'orientation de la recherche en machinisme (AUBINEAU M., 1983), et avec la répartition régionale des différentes formes de mécanisation (cf. partie 1).

2.1.3.1. - Les Principaux Objectifs de ces Programmes

Les objectifs de recherche et les essais de machinisme de la Division du Machinisme sont évidemment d'actualité pour ces programmes, mais dans le cadre des approches "systèmes" la participation de ces programmes aux diagnostics des systèmes de production et des techniques culturales par le canal d'équipes pluridisciplinaires est prioritaire. Ainsi la machine nouvelle ou améliorée ne serait plus proposée pour résoudre une opération jusque-là faite manuellement, mais on chercherait plutôt, selon les systèmes repérés et après élaboration d'une typologie régionale d'exploitations, de proposer un ensemble de moyens cohérents plus ou moins mécaniques.

2.1.3.2. - Les Principaux Travaux

Ces diagnostics ne peuvent se passer des outils d'analyse que sont les enquêtes. En machinisme elles ont constitué, avec des synthèses sur des thèmes précis, la majorité des travaux au démarrage de ces programmes. Les thèmes prioritaires de ces derniers reprennent les domaines d'intervention mis en évidence au paragraphe 1.

a) La Motorisation

C'est le thème central du programme domicilié à Saint-Louis qui doit intervenir dans la région du Fleuve (la culture attelée n'est pas exclue mais est secondaire).

En 1986, ce programme n'a pas démarré, mais avec la mise en service du barrage de Diama et le désengagement de la SAED pour les prestations de service auprès des paysans, les premiers travaux porteront sur l'expérimentation d'alternatives techniques à la préparation des sols, les contraintes de récolte et de battage et enfin sur les modalités de gestion de la motorisation par des "associations" et/ou des privés.

A Djibélor, il est prévu de s'intéresser aux motoculteurs et petits tracteurs sous forme de suivi en relation avec la SOMIVAC. Pour l'instant, ce volet non prioritaire n'a pas démarré.

b) La Technologie Post-Récolte

Ce programme domicilié à Bambey reprend un projet initié par le Centre de Recherche pour le Développement International (CRDI). Depuis 1974, les travaux ont porté sur la transformation du mil local et abouti à la mise au point d'un décortiqueur à meules.

A terme, ce programme aura une vocation nationale, mais pour l'instant ses travaux sont limités aux céréales pluviales.

Depuis 1983, une série d'enquêtes ont été lancées sur les itinéraires post-récolte des paysans et sur les inventaires et les conditions d'utilisation des matériels post-récolte introduits dans le milieu. Des tests de moulins sont en cours.

Depuis cette année, en relation avec la SISMAR et le CRDI, il démarre des essais de mise au point d'un mini-décortiqueur en vue de son installation et de son suivi en milieu réel.

c) La culture Attelée

Elle fait l'objet de deux opérations de recherches intégrées dans des équipes systèmes à Kaolack et à Djibélor. A partir de 1983 à Kaolack et 1984 à Djibélor, des études sur l'appropriation des matériels par les exploitations agricoles et des enquêtes sur les inventaires et la maintenance des matériels ont été effectuées.

Des travaux spécifiques ont été conduits dans chacun de ces centres : des essais sur les techniques culturales et le semis du riz à Djibélor, et sur le traitement nématicide en traction équine à Bambey en collaboration avec la SISMAR.

2.1.3.3. - Les Moyens

Les programmes domiciliés à Bambey ont repris les infrastructures sauf l'atelier, de la Division du Machinisme Agricole ; il n'y a donc pas de contraintes particulières.

Par contre, les programmes de Djibélor et de Saint-Louis reprennent pratiquement à zéro. Leur mise en place progressive risque de retarder le déroulement de leurs travaux (manques de matériels et de personnels qualifiés).

- Les Premiers Résultats

En vrac, les enquêtes, les suivis et les travaux en station en culture attelée ont abouti :

- à une connaissance détaillée de l'utilisation et de la gestion des équipements par les exploitations sur les zones prises en compte ;

- à la mise au point d'un outil pour réaliser les inventaires des matériels et pour relever leur état, il est transférable aux services agricoles pour une application à l'ensemble du pays ;

- à la mise en valeur d'un réseau de maintenance et même de fabrication des matériels qu'il faudra prendre en compte dans toute politique d'équipement du monde rural ;

- à la mise au point d'un stériculteur de nématicide pour la traction équine.

En technologie post-récolte, les enquêtes ont permis :

- de déterminer le degré d'utilisation de la mécanisation pour les opérations post-récoltes sur les céréales locales dans les régions de Thiès et Diourbel ;

- de mettre en évidence la non adaptation des matériels utilisés aux quantités à transformer localement et donc de jeter les bases d'un cahier des charges pour la mise au point d'une mini-unité de transformation pour le niveau villageois ;

- de souligner le rôle fondamental de la maintenance et des formations appropriées pour l'utilisation de ces machines.

2.2. - Les Autres Implications de la Recherche en Machinisme

Il s'agit en fait des domaines où la recherche intervient en appui ou comme conseiller auprès des services agricoles et des instances nationales sur la mécanisation quand elle existe. A ce stade les concertations entre la recherche et le développement sont fondamentales et bénéfiques à chacun des partenaires, mais il est souvent nécessaire de formaliser ces relations.

2.2.1. - La Détermination des besoins d'Équipement et de Maintenance

La recherche participe à l'élaboration des programmes d'équipement par région et type d'exploitation en fonction des objectifs de développement, des résultats de la recherche, des options retenues (coopératives, sections ou groupements), des ressources de l'État, des communautés rurales et du paysan.

2.2.1.1. - Les Normes d'Équipement

A l'aide des nombreuses données et des référentiels disponibles en station, des normes d'équipement en matériel de culture attelée ont été élaborées pour différentes régions dans des conditions de travail spécifiques (PIROT R., TCHAKERIAN E., 1979). Elles sont bien définies pour le Bassin Arachidier, mais elles sont moins précises pour les autres régions (Casamance et Sénégal Oriental).

La SODEVA les utilise couramment dans la détermination du niveau d'équipement des exploitations qu'elle encadre. Ces normes montraient à la fin du P.A. que le Bassin Arachidier était suffisamment équipé en houes et semoirs, ce que nous avons vérifié sur Nioro (paragraphe 1.3.2.1.). Mais ces normes ne permettent pas de juger des besoins précis des paysans car elles ne prennent pas en compte les facteurs sociaux (par exemple un jeune qui,

s'équipe en vue de son départ du carré, alors que le carré est déjà sur-équipé), ni les disparités qui existent à l'intérieur d'une même région (parcellaire, types de sols, etc...).

Aujourd'hui, il est possible d'améliorer la précision de ces normes : en prenant en compte les données réelles sur l'utilisation des matériels par des suivis en milieu rural pour le Bassin Arachidier et en précisant les référentiels pour la Casamance et le Sénégal Oriental dans le cadre des programmes régionaux en collaboration avec le développement.

En combinant les résultats des enquêtes sur les inventaires avec des normes plus précises, l'élaboration des programmes d'équipement sera plus facile et elle gagnera en cohérence.

2.2.1.2. - La Maintenance

Elle a un rôle déterminant à jouer dans l'utilisation des matériels, aussi bien en culture attelée qu'en motorisation.

En culture attelée, bien que la recherche ait participé à ce travail ponctuellement (installation d'un marchand réparateur dans l'Unité Expérimentale de Thyssé), les principales réalisations sont à mettre à l'actif des sociétés d'encadrement (SODEVA, SODEFITEX) et de quelques projets (PRS, BIT, etc...), et portent sur la formation et l'équipement. Ces sociétés ont pris aussi en charge des magasins de pièces détachées avec l'appui de la SISCOMA.

Depuis 1980, l'arrêt des distributions de matériels et de pièces a amené la SODEFITEX à accentuer son action dans ce domaine, tandis que sur le Bassin Arachidier le relai a été pris par les forgerons locaux (fabrication de pièces et même de certains matériels) dont le réseau permet aujourd'hui tant bien que mal de maintenir le parc en état de marche. Aussi, des actions visant l'amélioration de ce réseau devraient être parmi les priorités pour tendre, pourquoi pas, vers des artisans réparateurs qui pourraient distribuer et monter les matériels (plus grande efficacité du service après vente).

En motorisation, la maintenance requiert des compétences et des équipements d'atelier qui n'ont rien à voir avec l'entretien des matériels de culture attelée. Pratiquement, seuls des ateliers de Dakar peuvent entretenir convenablement les matériels de motorisation. Quelques artisans fabriquent des moulins, mais ils ne touchent pas les moteurs.

2.2.2. - La Formation et l'Information

La recherche en machinisme a toujours réalisé des stages de formation, aussi bien à la demande des utilisateurs que des agents de développement et de la recherche agronomique en général dans la mesure de ses disponibilités. De nombreux stagiaires étrangers ont été accueillis à Bambey. La formation par le canal des écoles est occasionnelle (exemple des cours dispensés à l'Ecole des Cadres Ruraux de Bambey et tout récemment à l'Institut National de Développement Rural de Thiès).

Pour l'information, le Centre de Bambey dispose d'une documentation fournie en machinisme (revues, rapports, catalogues et prospectus sur de nombreuses gammes de matériels).

2.2.3. - Le Comité National de la Mécanisation et le Centre National d'Essais

L'intérêt de ces structures, déjà mentionné en 1970, a abouti à des propositions concrètes vers 1977. Elles n'ont pas encore fait l'objet de réalisations pratiques (on a pourtant eu un projet de décret en date du 18 Décembre 1979 instituant un Comité de la Mécanisation placé sous la présidence du Ministère du Développement Rural et qui devait être animé par un spécialiste du machinisme agricole).

Ce Comité aurait les prérogatives suivantes :

- étudier toutes les questions concernant la mécanisation ;
- proposer le matériel à inscrire au programme agricole de recherche ;
- définir les normes d'agrément.

Simultanément, il était proposé de créer à ce comité un outil de travail, en l'occurrence un centre de machinisme appelé CNEFER avec trois volets :

- conception de matériels nouveaux et études d'impacts sur les structures agricoles existantes ;
- Coordination nationale et internationale, constitution et diffusion d'informations sur la machinisme, formation des agents de développement.

Pour diverses raisons (choix du Ministère de tutelle et du site d'implantation, et surtout coût et charges récurrentes extrêmement élevés) le projet de ce Centre a toujours été bloqué, bien qu'on l'ait ressorti des tiroirs en 1983.

Aujourd'hui, il semble que la mise en place de structures cohérentes au niveau national passe par des étapes successives :

- création effective d'un Comité National actif, doté de moyens et de pouvoirs, capable de coordonner et de susciter des actions au sein des organismes de recherche et de développement ;
- constitution par ce comité de commissions de techniciens pour régler les problèmes immédiats d'homologation ou de choix d'équipements lourds ;
- confier comme par le passé, les Recherches proprement dites à l'ISRA en utilisant les moyens régionaux des stations (essais et mises au point de matériels en liaison étroite avec les constructeurs et les distributeurs) et formaliser les liaisons avec le développement (exemple du comité de la mécanisation entre la SOMIVAC et l'ISRA à Djibélor qui regroupe les techniciens concernés).
- créer une structure centralisée qui prendrait en charge la formation et l'information en équipement rural et qui deviendrait un nouveau département de l'ISRA (à rattacher à une école comme l'INDR de Thiès par exemple).

2.3 - Deux Exemples de l'Intervention de la Recherche en Machinisme sur des Matériels Agricoles Diffusés en Milieu Rural

Il ne paraît vraiment pas opportun de faire un catalogue sur tous les travaux effectués par la recherche en matière de mécanisation ce qui serait extrêmement long et fastidieux. Aussi, nous avons choisi deux exemples caractérisés par des modes d'intervention différents de la recherche et qui illustrent parfaitement la démarche des paragraphes 2.1 et 2.2.

2.3.1. - La Batteuse à Mili

Cette machine a été très peu diffusée, mais elle montre parfaitement l'intervention de la recherche à tous les niveaux, depuis la réalisation du

principe de battage jusqu'à l'évaluation des performances en milieu rural,,

2.3.1.1.-; La Mise au Point de la Batteuse SISCOMA "BS 1000"

Dès 1952, la Division d'Agronomie du CRA de Bambey, par l'intermédiaire de sa Section de Mécanisation, s'est intéressée au battage du mil ir-réalisable avec les batteuses classiques pour les raisons suivantes : "l'épi composé d'épi llets très serrés et de grains très petits est compact, si bien que les pièces travaillantes des batteusee classiques n'ont aucune prise sur lui" (TOURTE R., 1981).

Les recherches entreprises ont permis la réalisation d'un prototype qui a été testé à partir de 1957'. Les essais ont montré que le principe retenu était bon mais que la machine souffrait encore de nombreuses imperfections (débit trop faible, nettoyage inexistant, etc...). A ce stade, le CRA qui connaît les limites de son atelier pour la fabrication de ce matériel recherche la col laboration d'un constructeur. ARARA sera le premier à s'y intéresser vers 1962, ses travaux about i ront à une pré-sér i e de 10 uni tés encore impar-faites qui l'amènent à abandonner ses travaux. Le CKA s'accroche à son idée et continue à améliorer la batteuse (augmentation du débit, meilleur nettoyage) et i l réussit en 1970 à convaincre la SISCOMA de fabriquer ce modèle dont le premier exemplaire sort en 1973 sous le nom de "BS 1000" (entraînement par tracteur de 30-35 CV pour un débi i t de 1000 kg/h), c'est prat iquement une copie conforme du prototype 1971 du CNRA qui aurait dû faire l'objet d'une reprise par un bureau d'études en vue de son adaptation à une fabrication industrielle. C'est en partie ce qu'un autre constructeur (MAROT) a fait en sortant en 1977 un modèle avec les mêmes caractéristiques que la BS 1000, i l s'agit de la DAK l l commercialisée en 1978.

2.3.1.2. - Les Limites de cette Batteuse

Avec de /telles caractéristiques, la recherche savait pert inement que cette mach i ne qui bat auss i le sorgho ne résoudreait pas entièrement les contraintes au battage de ces deux céréales à l'échelle des exploitations agricoles. El le a donc progressivement mis en place des études pour cerner les limites à l'utilisation de cette batteuse :

- le battage du mi l à l'entreprise sur l'Unité Expérimentale de Thyssé de 1974 à 1978 afin de déterminer les contra i ntes économi ques et techn i ques

(organisation des chantiers, coût des prestations, débit réel, mode de paiement, etc..) et pour cerner les réactions des paysans face à cette innovation.

- Les enquêtes sur les techniques de battage en milieu paysan à partir de **1983** pour évaluer l'impact réel de ce matériel au niveau de l'exploitation et pour déterminer les nouvelles contraintes liées ou non à l'utilisation de la batteuse.

Les principaux résultats de ces études montrent que le battage mécanique du mil :

- est bien accepté par les paysans car les modèles en service tournent de **7 à 8** mois par an malgré un coût élevé des prestations (de **7 à 10 F** CFA/kg) ;

- nécessite un investissement trop lourd (environ **10 Millions de F CFA**) car il faut acheter un tracteur pour entraîner et pour déplacer la batteuse ;

- est réalisé avec une machine qui a encore besoin d'être améliorée : le batteur et le contre-batteur s'usent trop vite, sa conception d'ensemble devrait être revue par un bureau d'études de constructeur ;

- n'a pas de solution à l'échelle villageoise et encore moins au niveau de l'exploitation traditionnelle pour les raisons suivantes : la machine ne passe souvent qu'une fois dans l'année, les paysans ne sont pas équipés pour stocker le mil en grains, etc... ;

- est réalisé par un matériel spécifique qui ne peut battre le maïs que l'on trouve dans le Sud du pays (en dessous de Kaolack).

Ces conclusions débouchent sur les bases d'un nouveau cahier des charges en vue de la mise au point d'un modèle adapté à l'échelle villageoise pour satisfaire les besoins d'autoconsommation (la batteuse BOURGOIN à 300 kg/h et qui peut aussi battre le sorgho et le maïs ne convient pas encore car elle est chère : 2 Millions de F CFA). Ce matériel devrait avoir les caractéristiques suivantes : entraînement par moteur à poste fixe, débit de 100 kg/h au maximum, afin de réduire les coûts des opérations il pourrait faire partie d'une chaîne de transformation (battage, décorticage, mouture), etc...

2.3.2. - Le Semoir Super-Eco

Ce matériel de culture attelée qui est pratiquement utilisé sur l'ensemble du pays est apparu vers 1930, bien avant la recherche en machinisme au Sénégal. Il est présenté dans cette étude car il s'intègre parfaitement dans l'exploitation agricole du pays et il a toujours fait l'objet de travaux de la part de la recherche en machinisme : tri parmi de nombreux modèles, adaptation aux conditions locales (cultures, tractions), et il illustre parfaitement l'intérêt d'avoir la recherche en machinisme au sein de la recherche agronomique et la nécessité de collaborer avec le développement,

2.3.2.1. - Les Essais de Divers Semoirs (avant 1960)

A la création de la Section de Mécanisation, la Division d'Agronomie lui a présenté un certain nombre de conditions de semis à résoudre mécaniquement (en majorité pour la culture de l'arachide à plat). Ces conditions ont servi de référence (cahier des charges) aux nombreux tests de semoirs proposés par, plusieurs constructeurs (FABRE, IEBRA, CATHALA, DARRAGON, etc. . .) . Le super-éco l'ULYSSE FABRE, qui donnait la meilleure distribution sur arachide avec le champion d'EBRA, a été retenu et inscrit un peu plus tard comme le seul modèle du P.A. (les autres ont donc été éliminés du pays progressivement).

Parallèlement, des travaux d'adaptation étaient menés sur les semoirs (jumelage, modification de la voie, mise au point de nouveaux distributeurs, etc...) afin de satisfaire les exigences de la Division d'Agronomie (semis en lignes jumelées, nouvelles densités de semis, etc...).

2.3.2.2. - Les Améliorations Apportées au Super-Eco (après 1960)

Les résultats obtenus par la Division d'Agronomie ont enrichi progressivement le cahier des charges sur les semis des différentes cultures du Sénégal : précision sur les conditions de semis, orientation vers la traction bovine et l'intensification grâce au travail du sol, à l'utilisation de la fumure, etc..

Les travaux de la Division du Machinisme ont abouti à de nombreux résultats dans les domaines suivants :

- mis au point de dispositifs distributeurs pour les nouvelles variétés

d'arachide, pour les céréales (mil, maïs, sorgho, riz) et les cultures diverses (niébé, coton, soja). Au total plus de 20 disques sont disponibles ainsi qu'un distributeur spécifique du coton non délinté ;

- amélioration de la précision de ce semoir par des études sur l'alimentation (rôle et type de cloison), sur l'éjection (type et position de l'éjecteur), sur le rapport de transmission, etc... Ces travaux ont été conduits entre 1960 et 1970 ;

- recherches sur les associations d'outils en collaboration avec des constructeurs dans le but de grouper des opérations culturales distinctes afin de réduire les goulots d'étranglement de début de cycle surtout. On peut citer les expériences sur les houes semoirs avec ULYSSE FABRE, sur le semoir épandeur d'engrais avec l'IRHO et ULYSSE FABRE entre 1960 et 1965, ou encore le semoir injecteur de nématicide avec la SISMAR en 1983 et 1984 ;

- adaptation de ce semoir aux potentialités de la traction bovine : jumelage de semoirs super-éco avec un palonnier double (inscrit au P.A.) et mise au point de l'élément semeur (3 trémies de super-éco) du polyculteur entre 1960 et 1972 ;

- élaboration d'un référentiel détaillé sur toutes les possibilités de ce matériel (temps de travaux avec les différents types de traction, conditions optima d'utilisation, etc..) et de normes d'équipement en milieu rural prenant en compte les disparités régionales.

Enfin le développement a été étroitement associé à ce travail : mise en place et suivi en milieu rural d'essais sur les disques, mise au point de certains disques inscrits par la suite au P.A. (cas du 8 trous mil-sorgho mis au point par la SODEVA).

3 - CONCLUSIONS

Le constat sur la mécanisation de l'agriculture au Sénégal fait apparaître des différences dans les domaines suivants : la motorisation des opérations culturales est un échec dans les terres exondées et elle survit dans le delta du Fleuve, certains matériels post-récolte ont un impact réel sur les transformations des céréales tant en milieu urbain qu'en milieu rural, la culture attelée à base de matériels légers à tractions équine et asine (thèmes légers) s'est répandu rapidement dans les exploitations agricoles tandis que

les matériels lourds et la traction bovine nécessaire à l'application des thèmes intensifs (travail du sol) n'ont pas eu le développement attendu,

L'analyse des travaux de la recherche en machinisme met en évidence le rôle déterminant de cette dernière dans la diffusion de la traction animale. Ses interventions en motorisation et en post-récolte ont été moins soutenues et beaucoup plus ponctuelles. Il est bien évident que ses objectifs de travail ont évolué dans le temps, car au départ de la Section de Mécanisation, la machine agricole était pratiquement inconnue en milieu rural et quelques constructeurs proposaient des matériels pour les conditions africaines ; les différentes orientations ont été influencées par les progrès de la recherche agronomique (cette insertion de la recherche en machinisme au sein de la recherche agronomique est un atout à conserver) ; et enfin l'étroite collaboration avec les constructeurs et le développement a permis de diffuser des matériels bien adaptés.

Les thèmes prioritaires de travail peuvent être mis en parallèle avec les différentes restructurations de la recherche en machinisme au sein de la recherche agronomique :

- de 1949 à 1960, la Section de Mécanisation a effectué le tri des différents matériels qui lui étaient proposés (semoirs de culture attelée par exemple) et a pu intéresser les constructeurs à des domaines nouveaux (battage du mil, soulevage de l'arachide, etc...);

- de 1960 à 1983, la Division du Machinisme Agricole et du Génie Rural a travaillé dans le sens de l'amélioration des matériels retenus dans le cadre du P.A. et sur les perspectives envisagées par la recherche agronomique. C'est seulement à partir de 1970 que l'on parle d'optique régionale car jusque-là les objectifs du P.A. basés sur l'accroissement de la production arachidière ont concentré les efforts sur le Bassin Arachidier ;

- depuis 1983, avec la restructuration de l'ISRA, l'accent a été mis sur l'analyse des problèmes régionaux et sur l'évaluation de l'impact réel de la mécanisation dans le milieu car l'arrêt du P.A. et l'échec des thèmes intensifs soulèvent de nouvelles contraintes à cerner. Enfin des synthèses techniques par thème (semis, récolte, etc...) sont considérées comme un préalable indispensable à toutes nouvelles actions (elles permettent d'ordonner la masse de données techniques recueillies depuis 1949).

Cette progression montre clairement que la phase des résultats spectaculaires en culture attelée de ces trente dernières années est passée parce que les études techniques sont très complètes et des solutions pour une agriculture plus intensive existent. Par contre, l'extension des superficies cultivées par l'introduction de la mécanisation a accentué les phénomènes érosifs, en conséquence les études sur l'aménagement du terroir dans le cadre d'une agriculture mécanisée doivent occuper une place prépondérante dans les nouveaux programmes.

L'ensemble des travaux conduits depuis 1949 correspondent bien à la définition que l'on donne de la recherche en machinisme, c'est (AUBINEAU M., 1983) :

- une recherche des besoins agronomiques et socio-économiques que la machine peut et doit résoudre ;

- une définition d'un "cahier des charges" à présenter aux industriels constructeurs ;

- un contrôle des performances techniques et économiques ;

- un établissement de normes technico-économiques régionales et de mises au point et d'adaptations de détail sur des matériels existants.

Les programmes régionaux retenus sont basés à Saint-Louis, Bambey et Djibélor, ils s'intéressent aux domaines mis en évidence au paragraphe 1 :

- La Motorisation des Opérations Culturelles

A Saint-Louis, les objectifs de travail visent l'expérimentation d'alternatives techniques en matière de préparation des sols et de récolte dans l'optique de l'après-barrage et la détermination des modalités de gestion de la motorisation avec le désengagement progressif de la SAED. Dans ce programme la culture attelée n'est pas exclue, mais elle intéressera surtout le diéri, la moyenne vallée et la haute vallée.

A Djibélor l'orientation du développement vers la motorisation (motoculteurs et tracteurs) oblige la recherche à participer au suivi.

- La Technologie Post-Récolte

Ce programme, basé à Bambey, aura une vocation nationale avec des opérations de recherche régionales distinctes qui s'intéressent aux transformations à l'échelle villageoise et/ou de l'exploitation individuelle :

- sur les céréales pluviales en priorité puis les cultures diverses dans l'ensemble des régions sauf le Fleuve pour les opérations domiciliées à Bambey ;

- sur les céréales irriguées dans la région du Fleuve pour les opérations domiciliées à Saint-Louis.

Ne sont concernées que les transformations primaires (battage, décortilage et mouture), les opérations ultérieures sont du ressort de l'Institut de Technologie Alimentaire (ITA) de Dakar avec lequel les relations de travail sont effectives.

- La Culture Attelée

Les objectifs des diverses opérations s'appuient sur le zonage réalisé à l'échelle du pays. En gros, on distingue deux grandes orientations de travail :

- Le Bassin Arachidier (zones 2, 3 et 4) où l'objectif prioritaire est le maintien du capital introduit et où les principales contraintes sont d'ordre logistique (approvisionnement et maintenance des équipements). Il s'agit de mettre sur pied une politique cohérente d'équipement des exploitations s'appuyant sur une connaissance précise de l'utilisation des matériels dans le milieu. Les recherches sur la traction et les matériels concernent surtout des améliorations de détail et particulièrement sur la traction équine (alimentation, amélioration de la conformation, harnachements plus performants : tests de colliers synthétiques légers, etc., liaisons outil-animal) et sur des opérations susceptibles d'augmenter l'utilisation annuelle des animaux de trait (manèges, exhaure de l'eau, etc...).

- Le Sénégal Oriental et la Casamance, parents pauvres de la recherche et du développement jusqu'à une époque récente, où des études de base doivent être entreprises à partir des résultats obtenus sur Séfa et Djibélor car, le matériel proposé a été mis au point pour le Bassin Arachidier. Il y a donc lieu de tester de nombreux types de matériels afin de réaliser un tri vers ceux adaptés aux conditions locales (bovins plus petits, culture à plat et sur billons, riziculture, etc..) pour ensuite proposer des chaînes cohérentes diffusables en milieu rural. On voit donc que le gros du travail en matière de culture attelée concerne ces régions. Le programme de Djibélor mis en place récemment ne travaille pour l'instant que sur la Basse Casamance mais progressivement il étendra son domaine d'action aux autres zones considérées.

BIBLIOGRAPHIE

Remarques : Toutes les références sur le machinisme au Sénégal ne sont pas signalées dans cette bibliographie, nous avons principalement relevé les rapports synthétiques et d'orientations des principales actions en machinisme.

- 1 - AUBINEAU M., 1983. Propositions d'orientations pour la recherche en machinisme au Sénégal. 51 p., 32 réf., 142 rapp. d'essais
IRAT - INA PARIS GRIGNON.
- 2 - BORDET D. 1980. Tracteurs Bouyer TE dans les exploitations encadrées par la SODEFITEX. Etude technico-économique. Possibilités d'introduction de motoculteurs dans les périmètres irrigués du Sénégal Oriental. 54 p.
CEEMAT - Rapport de Mission à la SODEFITEX.
- 3 - CAUMONT A., 1985. Mission de préparation d'un projet d'expérimentation de machines agricoles sur le Fleuve Sénégal. 49 p.
CEEMAT - 18/08/1985 a u 19/09/1985.
- 4 - COURTESSOLE P., JAMIN J.Y., 1982. Etude en milieu rural d'un système d'exploitation comportant une petite motorisation. Résultats de la première année. 91 p.
(Convention de Recherche ISRA/SAED - Ndombo/Thiago)
ISRA - DEPARTEMENT SYSTEMES ET TRANSFERT.
- * 5 - FALL A., 1985 - Situation actuelle de l'environnement et de l'utilisation du parc de matériels de culture attelée en Basse Casamance.
ISRA - DEPARTEMENT SYSTEMES - Mémoire de Confirmation, 145 p.
- 6 - FAYE A., HAVARD M., 1987. Eléments d'analyse de la situation actuelle de la culture attelée au Sénégal : Perspectives d'études et de recherches. 12 p.
ISRA - DEPARTEMENT SYSTEMES - Document de Travail N° 87
- 7 - HAVARD M., 1985. Principales caractéristiques et contraintes de gestion du parc de matériels de culture attelée au Sénégal.
33 p., annexes, 32 réf.
ISRA - DEPARTEMENT SYSTEMES - Document de Travail N° 2/85.

- 8 - HAVARD M., 1987. Le parc de matériels de culture attelée et les possibilités de sa maintenance dans le département de Nioro. Résultats d'enquêtes. 17 p., 22 tableaux - ISRA - DEPARTEMENT SYSTEMES - Document de Travail N° /87.
- 9 - JAMIN J.Y., 1986. La double culture du riz dans la vallée du Fleuve Sénégal : Mythe ou réalité ? - 33 p. - Communication au Séminaire "Aménagements Hydro-agricoles et Systèmes de Production" CIRAD, Montpellier du 16 au 19 Décembre 1986.
- 10 - LE MOIGNE M., BONLIEU A., 1963 - Le Sénégal face à la Mécanisation agricole. Note sommaire sur les conditions actuelles de l'agriculture sénégalaise. 26 p. - IRAT - CNXA SAMBEY, Rapport dactylographié.
- 11 - LE MOIGNE M., 1969. Réflexions sur la mécanisation de l'agriculture dans les pays tropicaux. Exemple du Sénégal. 9 p. IRAT - CNRA Bambey, Rapport dactylographié.
- 12 - LE MOIGNE M., TOURTE R., 1970. L'équipement rural au Sénégal : Rôle de la Recherche Agronomique et de sa Division du Machinisme Agricole et Génie Rural. MAT N° 31 - Juillet - Septembre 1970 p. 3 à 18.
- 13 - LE MOIGNE M., 1981. Groupe de travail sur la réforme du crédit et des coopératives constitué par la primature du Sénégal. Consultation du CEEMAT - Novembre - Décembre 1980. Evaluation des besoins en intrants agricoles. 77 p.
- 14 - MBENGUE H.M., 1980. L'insertion de la motorisation au Sénégal et son support structurel. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Agronomie Approfondie (D.A.A.). CEEMAT - 62 réf.
- 15 - MBENGUE H.M., HAVARD M., 1986. La technologie post-récolte du mil au Sénégal : importance relative des filières et des techniques utilisées. 28 réf. - MAT N° 93, Janvier - Mars 1986 p. 21 à 47.
- 16 - MBENGUE H.M., 1986. Les équipements et matériels de traitement post-récolte des céréales au Sénégal. Résultats d'enquêtes dans les régions de Diourbel et Thiès. 39 p. ISRA - DEPART. SYSTEMES - Document de Travail N° 5/86.
- 17 - MONNIER J., 1965. Contribution à l'étude de la traction bovine au Sénégal, MAT. N° 10, Avril - Juin 1965 p. 3 à 18. MAT. N° 11, Juillet - Septembre 1965 p. 15 à 27.
- 18 - MONNIER J., 1975. La mécanisation au Sénégal, effets sur la production et l'emploi. ISRA - CNRA Bambey - Rapport dactylographié.

- 19- MORRIS M.L., 1985. Le marché para légal des céréales dans la région du Fleuve Sénégal. ISRA - BAME, 85-8, Juin et 1985.
- 20 - PIROT R., 1979, Chaines de culture attelée. 5 p.
ISRA - CNRA BAMBEY. Rapport dactylographié.
- 21 - PIROT R., TCHAKERIAN E., 1979. Note relative aux normes d'équipement en matériel agricole. 5 p.
ISRA - CNRA BAMBEY. Rapport dactylographié.
- 22 - PIROT R., TCHAKERIAN E., 1980. Systèmes techniques de production basés sur la motorisation intermédiaire. 25 p.
ISRA - CNRA BAMBEY. Rapport dactylographié.
- 23 - REYNOIRD J.P., 1982. Rapport d'activités de l'Unité Expérimentale Motorisée de Séfa. 45 p.
ISRA - CNRA BAMBEY. Rapport dactylographié.
- 24 - TOURTE R., 1981. Des céréales à l'écart des technologies intermédiaires de Post-Récolte : le millet et le sorgho. MAT N° 75, pp. 46 à 53.
- 25 - WANDERS A.A., 1974. Rapport final préliminaire du "Projet International et Coordonné de Recherche sur la Mécanisation de la Ririculture" (GP. 4/1 TF INT 43 NET). IRAT - FAO. Rapport dactylographié 36 p.

CEEMAT : Centre d'Etudes et d'Expérimentation du Machinisme Agricole
Tropical. PARIS.

IRAT : Institut de Recherche Agronomique Tropicale. PARIS.

MAT : Machinisme Agricole Tropical. Revue trimestrielle du CEEMAT.

ANNEXE 1

LE FONCTIONNEMENT DU PROGRAMME AGRICOLE

LA GESTION

Le P.A. a été géré successivement par le Ministère de l'Economie Rurale (1960-1967), le Ministère du Développement Rural (1967-1973), le Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique (1973-1977), et le Ministère du Développement Rural (1977-1980).

L'orientation, l'élaboration et le contrôle technique du P.A. étaient confiés à la Direction des Services Agricoles, puis en 1973 à la DGPA.

LES PRINCIPES

- Liaison solide des adhérents des coopératives ;
- Le lien entre crédit et commercialisation ;
- La rapacité d'endettement des coopératives ;
- Une politique de subvention.

LES STRUCTURES

Les instruments nécessaires à son fonctionnement ont été mis progressivement en place :

- la création de la SISCOMA en 1961 à qui il confie le monopole de la fabrication locale des matériels. L'usine de Pout n'entrera en service qu'en 1963 et déjà en 1965 elle assure la fabrication de 85% des matériels commercialisés. En contrepartie, les services économiques de l'état effectuent un contrôle serré des prix pour éviter les abus que peut gérer un tel monopole ;
- La création des coopératives en 1963 (environ 80% ont été créées à cette époque) ;
- la création de l'ONCAD en 1966 pour exécuter le P.A. et effectuer la commercialisation de l'arachide en remplacement :

1) Des CRAD charges de contribuer à la commercialisation des produits locaux, de distribuer les produits et équipements nécessaires aux agriculteurs rassemblés en coopératives, d'aider ces dernières dans leur gestion financière et d'assurer les prestations de service pour la réalisation de travaux agricoles et les aménagements

2) Et de l'OCA chargé de l'approvisionnement des coopératives en matériels et de la commercialisation des récoltes ;

- les organismes et les structures d'encadrement et de vulgarisation du monde rural qui se partageront les différentes zones du pays : la SATEC en 1964 puis la SODEVA en 1968 sur le Bassin Arachidier qui prendront le relai des CER et des CAR, la CFDT en 1965 puis la SODEFITEX en 1974 dans la zone cotonnière, la SOMIVAC en 1978 en Sasse Casamance qui intégrera les divers projets régionaux (PRS, MAC, PIDAC) et enfin l'OAD puis la SAED à partir de 1965 sur le Fleuve ;

- le financement sera assuré par la BSD puis la BNDS, car la cessation des facteurs de production aux coopératives a lieu à crédit : à court terme sur une campagne pour les engrais et les semences, et à moyen terme sur 2 ans pour le matériel.

LE CIRCUIT D'APPROVISIONNEMENT

Son organisation s'étale sur 7 mois avec les étapes suivantes :

- la détermination des besoins au niveau des coopératives après la commercialisation (de novembre à février) ;

- l'analyse des situations financières des diverses coopératives. Les besoins sont limités à la capacité nette d'endettement, tenant compte des impayés et des divers crédits (mars-avril) ;

- les commandes aux fournisseurs retenus (en général la SICOMA pour le matériel de culture attelée). Elles sont passées en Janvier ou Février en partant des commandes de l'année précédente afin de permettre aux fournisseurs de démarrer rapidement la construction (la SICOMA a souvent lancé ses fabrications en novembre-décembre pour arriver à tenir les délais, vu l'importance des volumes de matériels commandés). Les commandes définitives sont passées en avril-mai et malgré toutes ces précautions les délais n'ont pas toujours été respectés sur la totalité des commandes ;

- la distribution juste avant la campagne agricole par l'ONCAD au niveau des coopératives et parfois même en cours de campagne (houes et charrettes).

ANNEXE II

Tableau 1 - Mises en place annuelles des matériels de culture attelée

Années	Semoirs	Houes	Charrettes	Souleveuses	Charrues	Butteurs	U.C.A. (1)
Avant 1958	39 800	3 150	4 600		1100	-	?
1958	1 294	748	3 100	120	500		230
1959	2 000				500		170
1960	3 333	2 000	200		794		100
1961	4 589	4 118	200		200		83
1962	12 001	1 061	992	300			
1963	24 906	6 827	2 266	1 400	578		3 151
1964	19 629	12 335	1 542	1 600	1 487		2 026
1965	16 650	7 414	2 523	892	746		1 311
1966	14 127	9 000	3 515	1 792	1 729		
1967	17 215	21 500	6 997	1 336	1 006		291
1968	12 475	28 121	8 582	9 421	985		104
1969	7 400	19 242	7 433	4 465	2 216	22	72
1970	2 836	16 706	5 828	2 065	1 995	139	159
1971	9 086	6311	3 674	2 797	1 704	247	116
1972	12 484	16 469	6 971	1 849	2 977	157	24
1973	11 461	26 327	10 147	6 677	4 084	162	61
1974	16 478	22 902	8 566	4 912	3 271	570	180
1975	17 490	26 140	4 129	4 750	12 178	1 514	262
1976	23 913	31 922	4 302	6 220	5 063	765	15
1977	20 082	33 397	16 817	14 433	6 693	1 556	203
1978	16 166	24 746	13 693	12 202	5 232		92
1979	5 252	17 642	18 693	8 673	6 284	1 861	221
1980 à 1985	-	4 606	8 489	2 556	3 131	400	550
							50
TOTAL 1958 à 1985	272 077	339 764	138 659	88 460	63 353	9 115	9 587
TOTAL GENERAL	311 877	342 914	143 259	88 460	64 453	9 115	9 587

(- 2 périodes de distribution des U.C.A (Unités de culture attelée)
 . Avant 1958 - chaînes de matériels (houes + semoirs + souleveuses)
 . Après 1958 - matériel de traction bovine lourde (ariana, polyculteur).

Sources : Rapports annuels des services de l'Agriculture citées par HAVARD M. 1985
 Archives ONCAD

ANNEXE II

Tableau 2 : Situation du Cheptel de trait à l'arrêt du Programme Agricole en 1980.

CARACTERISTIQUES DU CHEPTEL DE TRAIT		REGIONS						TOTAL (T)
		Casamance	Diourbel	Thiès	Louga	Sine Saloum	Sénégal Oriental	
PAIRES DE BOVINS	Nombre	7 032	3 446	2 181	1 068	26 610	(x) 4 472	44 809
	% de T ₂ (xx)	45	7	4	1	13	23	10
EQUINS	Nombre	1 500	30 000	30 000	50 000	104 600	6 300	222 400
	% de T ₂ (xx)	10	57	57	38	52	32	47
ASINS	Nombre	7 000	19 000	20 000	80 000	72 000	8 700	206 700
	% de T ₂ (xx)	45	36	39	61	35	45	63
BOVINS DE TRAIT EFFECTIFS BOVINS		3	6	4	1	11	-	-
Ha CULTIVES PAR UNITE DE TRACTION		15,5	5	5,8	2,5	4,5	-	-

(x) - Zone Cotonnière (Départements de l'ambacounda et celui de Kédougou, hors Sandafassi).

(xx) - T₂ = Total régional des unités de traction disponibles.

SOURCE DES DONNEES DE BASE : Rapports DSPA, SODEVA, SODEFITEX cités par

FAYE A., HAVARD M., 1987.