

RT/SF

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES TROPICALES ET DES CULTURES VIVRIERES

(I. R. A. T.)

MONOGRAPHIE SUR LE SEMINAIRE
SYSTEMES TRADITIONNELS DE L'AGRICULTURE
— AFRICAINE ET LEUR AMELIORATION

(Fondation FORD-IITA-IRAT, Ibadan 16-20 Novembre 1970)

OU

REFLEXIONS SUR LES VOIES ET MOYENS
D'INTENSIFICATION DE L'AGRICULTURE EN AFRIQUE DE L'OUEST

par
R. TOURTE
Agronome
Directeur de Recherches

Rédaction Mai 1973

(édition provisoire destinée à la préparation
d'un ouvrage général rassemblant les travaux
des Séminaires Ford-IITA-IRAT de 1970 et 1971)

Centre National de Recherches Agronomiques
de BAMBEY (Sénégal)

O.R.S.T.O.M. Fonds documentaire

N° : 22564

Cote : B

L'homme est au commencement et à la fin
du développement.

(L.-S. SENGHOR)

L'amélioration de la condition matérielle est la
condition de l'amélioration intellectuelle et morale,
et ce progrès comme tous les autres devra s'opérer
par un travail spécial ; quand l'humanité fait une
chose, elle n'en fait pas une autre. Il est évident
qu'un homme qui n'a pas le nécessaire, ou est obligé
pour se le procurer de se livrer à un travail méca-
nique de tous les instants, est forcément condamné
à la dépression et à la nullité. Le plus grand
service à rendre à l'esprit humain, au moment où
nous sommes, ce serait de trouver un procédé pour
procurer à tous l'aisance matérielle.

(E. RENAN)

S O M M A I R E

	<u>pages</u>
Introduction	2
 Première partie. Voies d'évolution et potentialités de l'agriculture en Afrique tropicale	 4
Les voies ouvertes à l'évolution de l'agriculture en Afrique tropicale	5
Les potentialités agricoles sous les tropiques et singulièrement en Afrique. La spécialisation régionale des aptitudes agricoles	8
 Deuxième partie. Systèmes d'intensification possibles de l'agriculture en Afrique de l'Ouest	 12
La nécessité de la notion et de la démarche système	13
Les systèmes Cultures associées	15
Les systèmes Culture pure en agriculture de savane	19
L'intensification par l'irrigation	27
 Troisième partie. Diffusion des systèmes de production intensifs. Propositions pour le transfert du message Recherche-Développement ..	 30
La diffusion des nouveaux systèmes agricoles	31
Conclusion	40
Bibliographie	42

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

L'Afrique amorce à peine sa "révolution verte" (ne l'a même pas encore commencée d'après certains), alors que l'Asie l'a, en partie, réussie, au prix d'ailleurs de retombées sociales et politiques inattendues, dont l'analyse pourrait éviter bien des erreurs à l'Afrique.

Le Séminaire "Systèmes traditionnels de l'Agriculture africaine et leur amélioration", tenu à Ibadan du 16 au 20 Novembre 1970, sous la triple égide Fondation Ford-IITA-IRAT, a été un lieu privilégié pour étudier les raisons d'un tel retard, voire d'une telle absence d'aspiration à cette révolution verte, en Afrique.

Il est nettement apparu aux participants que cette situation ne pouvait provenir :

- d'un retard scientifique et technique en matière de recherche, ses résultats remarquables, ayant d'ailleurs fait l'objet d'autres séminaires et dont il ne sera traité ici que pour les utiliser, sont disponibles dans les principaux domaines des sciences du sol, de la plante et des techniques,

- de potentialités du milieu naturel, tant physiques qu'humaines, réellement médiocres et insuffisantes. Au contraire, de remarquables performances sont citées par les organismes de recherche quant à la possibilité de productivités élevées,

- d'un dynamisme insuffisant des organismes, de développement en particulier, chargés d'appliquer les nouvelles technologies disponibles pour atteindre à ces potentialités.

Il leur a semblé que l'insuffisance portait essentiellement sur la formulation et le transfert du message de la Recherche au Développement, s'agissant de ces nouvelles technologies et, singulièrement, des systèmes intensifs de production :

- utilisant les résultats analytiques de la recherche agronomique en sachant les combiner au mieux,

- compatibles avec les structures actuelles de production du monde rural,

- attractifs pour le développement.

Cette insuffisance est apparue très grave dans la mesure :

- . où elle pouvait faire douter de ces réelles potentialités agricoles de l'Afrique tropicale, alors que celles de l'Asie venaient d'être démontrées à l'évidence, après celles des zones tempérées

- . et où elle empêchait la définition d'une réelle stratégie du développement agricole de ces régions du monde qui se débarrassent

difficilement d'un anathème de pauvreté ou d'incapacité d'accession à la modernité.

x
x x

Les participants au Séminaire se sont donc attachés :

- à réhabiliter ces régions tropicales, en particulier celles apparemment les plus déshéritées des zones subarides et sahéliennes, quant à leurs réelles potentialités agricoles. Cette réhabilitation sera l'un des apports les plus constructifs du séminaire
- à définir diverses modalités possibles d'expressions de ces potentialités
- à rechercher les stratégies propres à leur diffusion dans le monde rural.

La présente monographie tente de résumer les idées et acquis en ce vaste domaine.

Elle insiste évidemment sur les enseignements du Séminaire lui-même, sans cependant s'y limiter.

Dans sa première partie, elle rappelle :

- les voies ouvertes à l'évolution de l'agriculture en Afrique tropicale,
- les potentialités et aptitudes régionales des productions agricoles.

Dans sa deuxième partie, après avoir évoqué :

- la nécessité de la notion et de la démarche systèmes, et rappelé, à cette occasion, quelques définitions,

elle traite :

- des systèmes d'intensification possibles, basés notamment sur les :
 - . cultures associées
 - . cultures pures
 - . cultures irriguées

Dans sa troisième partie, elle propose une démarche originale pour accélérer :

- la définition et la diffusion de nouveaux systèmes intensifs adaptés aux structures réelles de production, démarche récemment expérimentée en Afrique tropicale par la Recherche.

x
x x

A chaque fois que possible il sera fait référence, voire emprunts, aux travaux et communications du Séminaire. L'appel à des travaux et ouvrages extérieurs ne sera qu'exceptionnel, notre propos étant d'utiliser au mieux la mise à jour que constitue ce Séminaire dans un domaine essentiel et encore nouveau et non d'écrire un livre sur l'agriculture tropicale africaine.

PREMIERE PARTIE

VOIES D'EVOLUTION ET POTENTIALITES

DE L'AGRICULTURE

EN AFRIQUE TROPICALE

LES VOIES OUVERTES A L'EVOLUTION DE L'AGRICULTURE EN AFRIQUE TROPICALE

La mise en valeur agricole des régions tropicales d'Afrique a procédé, très schématiquement d'un processus en trois phases :

1 - une phase d'agriculture de subsistance, orientée essentiellement vers la satisfaction des besoins physiologiques de base, singulièrement alimentaires, des populations.

Cette phase s'est caractérisée, ou se caractérise encore dans certaines régions, par un équilibre souvent satisfaisant entre :

- population
- fertilité naturelle des sols
- production vivrière

C'est le "vieil équilibre" (A 1, p. 2) *.

En fait, chaque membre de la communauté agricole traditionnelle produit ce dont il a besoin et non ce qu'il pourrait produire le plus efficacement (A 3, p. 3).

2 - une phase d'accession à l'économie de marché, par introduction de cultures d'exportation, se traduisant par un bouleversement des systèmes traditionnels, souvent remplacés par des systèmes "miniers" d'exploitation, générateurs d'une défertilisation plus ou moins rapide des sols, souvent accélérée par l'introduction d'une mécanisation légère favorisant une agriculture extensive à l'excellent rapport produit / travail.

C'est la première révolution verte (A 1, p. 4) qui peut donc se caractériser par la rupture du vieil équilibre de l'agriculture traditionnelle et le début d'une série continue de modifications dans les méthodes de production (A 1, p. 2).

3 - une phase d'intensification, visant à une meilleure expression des potentialités naturelles, impliquant donc une conservation et une amélioration du capital foncier, s'attachant à privilégier non plus des productions mais des systèmes agricoles et ainsi d'atteindre au développement harmonieux et intégré des différentes situations agro-socio-économiques régionales. C'est la deuxième et vraie révolution verte qui suppose donc un changement rapide et profond des facteurs de production et de leurs liaisons.

Bien entendu, cette intensification revêtira plusieurs aspects suivant le degré d'élaboration ou de sophistication des facteurs de production : terre, capital, travail et gestion ("management") de l'entreprise.

En particulier, le recours ou non la mécanisation et surtout à l'irrigation conduira à des niveaux très différents d'intensification. Plus précisément, la révolution verte s'étant produite en Asie méridionale en conditions de cultures irriguées, deux questions essentielles se posent à la Recherche en Afrique tropicale :

* Les lettres et chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie in fine.

la révolution verte est-elle possible en Afrique ?
 dans l'affirmative s'effectuera-t-elle avec ou sans irrigation ?

Ces trois phases devraient, en toute logique, se succéder dans le temps. Or, en réalité, elles coexistent fréquemment dans la même région, le même terroir, la même exploitation. Ceci explique déjà, en partie, la particulière complexité des structures traditionnelles de production et la difficulté d'une diffusion homogène d'un quelconque facteur de progrès.

x
x x

A ces trois phases d'intensification correspondent grossièrement trois types d'agricultures :

- l'agriculture itinérante, à la première phase.

La contrainte terre n'existe pas, le capital n'intervient pas et le travail, aussi réduit que possible, vise à satisfaire l'autoconsommation

- l'agriculture semi itinérante, à la deuxième phase (A 6, p.15).

La contrainte terre apparaît (diminution puis disparition des friches, puis des jachères) en même temps que sa fertilité naturelle diminue. Le profit est maximisé par dégradation du capital foncier (culture extensive) et sous évaluation du facteur travail : les coûts de production apparents sont réduits par exploitation, jusqu'à épuisement, "des deux sources d'où jaillit toute richesse : la terre et le travailleur" (C 1).

Le capital apparaît notamment sous forme d'un équipement mécanique léger, mais cependant capable de supprimer des goulots d'étranglement particulièrement dirimants quant à leurs exigences en main d'oeuvre (semis, sarclages...). Cet équipement mécanique peut s'accompagner de l'apparition d'une traction animale d'appoint (âne, cheval, boeuf).

- l'agriculture permanente ou fixée, à la troisième phase, supposant donc des exploitations dont le caractère "fixé" sera d'autant plus marqué, et leurs structures et leur organisation plus élaborées, que les systèmes de production seront plus intensifs (qu'ils passeront, par exemple, d'une agriculture basée sur l'utilisation régulière de la traction animale et comportant une intégration culture-élevage au niveau de l'exploitation, à une agriculture motorisée de type pluvial, puis à une agriculture motorisée en aménagements hydro-agricoles).

Là aussi d'ailleurs, il est nécessaire de souligner le caractère forcément schématisé de cette typologie des agricultures possibles, car de nombreux types intermédiaires existent et peuvent assurer une liaison progressive entre les types extrêmes (C 2).

x
x x

Cependant, si tous les auteurs, qu'ils soient agronomes, économistes, sociologues, politiques, etc..., s'accordent généralement pour souligner que le terme final de l'évolution est bien l'agriculture intensive fixée, de réelles divergences subsistent encore sur les voies et moyens pour l'atteindre, d'autant plus qu'aux deux critères précédents d'appréciation de l'intensifi-

cation de l'agriculture (intégration progressive du secteur primaire dans l'économie globale et disparition du nomadisme originel), on peut en ajouter un troisième : la complexité technique plus ou moins grande du système de production, existant ou proposé.

Un système cultural, par exemple, peut aller du moins sophistiqué, la mono-culture annuelle, au plus sophistiqué, la culture multiple la même année, sur la même sole ("multiple cropping"), en passant par les combinaisons plus ou moins élaborées des cultures associées, intercalaires et dérobées.

x
x x

Enfin, les conceptions sur la stratégie même d'évolution peuvent aussi fortement différer, opposant souvent d'ailleurs, développeurs et chercheurs :

- les uns penchant pour une amélioration progressive des stades traditionnels, grâce à des thèmes aussi simples que possible et présentés successivement aux agriculteurs

- les autres proposant, au contraire, un franchissement rapide des étapes de l'évolution, par apports globaux de technologies nouvelles ("package"), fortement déstabilisantes, tant pour les systèmes de production que pour les structures d'exploitation.

Il est d'ailleurs assez remarquable de constater que les arguments des uns et des autres reposent malheureusement plus souvent sur des suppositions a priori sur les comportements et degrés de réceptivité des populations rurales face au progrès, ou sur des études statiques de milieux traditionnels peu évolutifs, que sur des observations d'expériences dynamiques, réalisées sur des paysannats volontairement mis en évolution rapide.

Il ne semble pas que la méthode expérimentale (donc encore moins l'évaluation technologique) ait été beaucoup utilisée pour l'établissement des stratégies du développement, pas même pour la détermination de systèmes socio-économiques de production adaptés, alors qu'elle l'a été assez largement pour la définition des bases techniques de ces systèmes et de ce développement.

En d'autres termes, la démarche a été beaucoup plus d'analyse en stations que de synthèse dans le milieu d'application.

LES POTENTIALITES AGRICOLES SOUS LES TROPIQUES ET SINGULIEREMENT EN AFRIQUE.
LA SPECIALISATION REGIONALE DES APTITUDES AGRICOLES

S'il n'est pas douteux que les processus d'évolution de l'agriculture tropicale africaine, rapidement décrits au chapitre précédent, amèneront à une productivité accrue, il n'en demeure pas moins évident que la limite de cet accroissement sera imposée par la potentialité du milieu agro écologique considéré, encore que cette notion de potentialité ne doive pas être acceptée dans un sens figé, tant il est vrai que les progrès de la science lui donnent une dynamique propre.

Quoiqu'il en soit, il est bien évident que l'intensification possible de l'agriculture, à un moment donné, sera directement dépendante de cette potentialité qui apparaît donc impérative à connaître et évaluer.

Cette connaissance et cette évaluation s'avèrent, d'ailleurs, d'autant plus indispensables en Afrique tropicale que les mythes de pauvreté, ou des risques excessifs tant écologiques, qu'économiques, etc... de l'agriculture y ont été plus longtemps entretenus.

Aussi apparaît-il important, avant toute étude sur les systèmes agricoles et leur amélioration, dans ces régions, d'évoquer ces potentialités, à la lumière des apports récents de la science agronomique et de suggérer comment elles peuvent infléchir les efforts de Recherche et de Développement, notamment par le biais de la Planification.

x
x x

Les potentialités agricoles dépendent évidemment beaucoup des vocations et aptitudes culturelles qui varient elles-mêmes considérablement en Afrique au Sud du Sahara, en fonction des grandes caractéristiques du milieu physique et naturel, notamment :

- Le climat

La zone sahélo soudanienne, dont l'ensoleillement est très élevé tout au long de l'année, se caractérise par :

- . deux saisons très tranchées,
- . une possibilité photosynthétique exceptionnelle, donc de productivités très élevées si, bien entendu, l'alimentation hydrique est assurée,
- . un déficit hydrique chronique, plus ou moins accentué suivant les zones et saisons (absolu en saison sèche, irrégulier en saison des pluies), qui implique, pour une intensification de l'agriculture, un recours plus ou moins progressif ou important, mais obligatoire, à l'irrigation (A1 p.8, A16 p.6) à partir des eaux superficielles ou souterraines.

La zone humide ou guinéenne, à l'opposé, avec une petite saison sèche à peine marquée, dispose, en général, d'une alimentation hydrique plus que suffisante, les problèmes qu'entraîne l'excès d'eau pouvant alors apparaître essentiels à résoudre :

contrôle du ruissellement
 lutte contre l'érosion
 assainissement et drainage.

Cependant cette abondance des pluies, liée à une température élevée confère à la grande forêt tropicale un potentiel de production très élevé : environ quatre fois celui de la forêt de zones tempérées (A15, p.4), ce qui permettrait de conclure que, toutes choses étant égales par ailleurs, l'agriculture des tropiques pourrait produire quatre fois plus de matière sèche que son homologue des zones tempérées, si l'eau y était fournie en suffisance.

La zone soudano-guinéenne est évidemment intermédiaire entre les deux zones précédentes, avec deux saisons des pluies souvent juste suffisantes pour une production végétale importante, interrompue ou fortement perturbée par les deux saisons sèches intermédiaires.

- Le sol

La diversité des sols est grande, depuis les pauvres sols du Nord (ferrugineux tropicaux, par exemple) jusqu'aux sols noirs à allophane du Cameroun, en passant par les sols ferrallitiques et les hydromorphes des zones "intermédiaires".

Cependant, la fertilité des sols tropicaux d'Afrique est en moyenne relativement faible, soit naturellement, soit par suite des phénomènes anthropiques, ce qui fait douter certains auteurs des réelles possibilités ouvertes à des types d'agriculture très intensifs (A15, p.11) comparables à ceux définis ailleurs, en Asie tropicale par exemple.

On peut donc déjà en conclure que pour atteindre des potentialités élevées, il y aura lieu d'agir très fortement dans le domaine de l'amélioration du sol par différentes voies physique, chimique, biologique, microbiologique (A4, A6, A9...), qui sont heureusement déjà largement connues : "l'influence de l'homme sur la transformation du sol est plus forte et plus rapide que tout autre facteur de pédogénèse. Ce que la nature a mis des millions d'années à réussir, l'homme peut le transformer, le façonner ou le changer en quelques années" (A3, p.4). C'est d'ailleurs bien la leçon que l'on peut tirer de nombre de recherches sur l'amélioration foncière des sols, menées par différentes équipes de recherches, et qui seront évoquées plus loin, car elles constituent très souvent l'indispensable préalable à une réelle intensification des systèmes agricoles.

- L'homme

L'homme sera évidemment l'élément déterminant de l'expression de ces potentialités : à lui d'apporter son travail, son adresse, sa technicité et les intrants (inputs) nécessaires, pour que chaque morceau de terre soit utilisé pour ce qu'il est capable de produire le plus efficacement (A3, p.3).

Il apparaît donc nécessaire de procéder, en fonction des critères précédents, à un zonage des terres à mettre en valeur quant à leurs aptitudes et potentialités culturelles, donc à leur place possible dans la production des Etats ou régions concernés.

Il convient cependant de souligner ici des idées forces essentielles :

1 - les potentialités agricoles tropicales apparaissent comme élevées, même dans les régions relativement sèches de l'Afrique au Sud du Sahara.

Ainsi, en culture pluviale, on cite déjà (A13, p.3) des rendements de 4 à 7 tonnes de céréales à l'hectare, en culture irriguée (A4 p.3, A13 p.3) de plus de 10 tonnes de paddy à l'hectare par récolte. Dans des conditions climatiques analogues, aux Indes, des productivités de plus de 20 tonnes/hectare/an ont été obtenues en culture multiples (A3, p.18).

Nul doute que ces résultats soient largement dépassés avec les progrès de la technologie moderne et qu'il soit possible, grâce aux conditions d'ensoleillement et de chaleur de ces régions, d'aller très au delà des meilleures performances des pays tempérés (à conditions socio économiques équivalentes, cela va sans dire).

Au cours d'une mission au Sénégal, un spécialiste formosan du riz, à renommée mondiale, déclarait avoir trouvé dans le Nord de ce pays (300 mm de pluies) une des régions aux potentialités rizicoles les plus élevées qu'il ait connues au monde (20 tonnes/ha/an), dans le cadre bien entendu d'une agriculture irriguée moderne (C 3).

2 - l'écart considérable qui existe entre, d'une part, les niveaux de production et de technologie actuels et, d'autre part, les potentialités entrevues montre, cependant, assez l'investissement considérable, tant matériel qu'intellectuel, nécessaire pour amener l'agriculture tropicale traditionnelle à un niveau de modernité compatible avec ses hautes potentialités. Il y a lieu de toujours avoir présent à l'esprit cette nécessité, à chaque fois que l'on voudra tenter quelque chose pour réduire le fossé technologique existant entre pays économiquement avancés et pays tout juste au stade du décollage économique (que les économistes situent à environ 200 dollars de PIB annuel per capita).

3 - de surcroît, une agriculture tropicale réellement intensive réclamera une technicité très élevée, plus élevée peut être qu'en régions tempérées, en raison de la nécessité de maîtriser ou contrôler des phénomènes dont la dynamique est très accélérée, voire explosive comparée à celles des phénomènes de même nature en conditions tempérées : les cycles biologiques, biochimiques des sols sont rapides, les variations thermiques brusques, les pluies très brutales et agressives..., et les risques de dégradation ou de péjoration sont donc élevés si les techniques d'amélioration préconisées sont mal utilisées, voire même mal intégrées.

x
x x

Le zonage des potentialités devrait donc constituer la première phase d'une planification rationnelle du développement économique.

Ce zonage peut être établi à partir des composantes physiques du milieu naturel :

- climat en utilisant certains indices, par exemple l'indice d'humidité effective (A3, p.4) : $\frac{P-ETP}{ETP} \times 100$ (P : pluviométrie ; ETP : évapotranspiration potentielle)

- sol : groupe de sols
- possibilités d'irrigation.

On peut ainsi aboutir à la définition des complexes culturels les plus efficaces, les plus productifs, pour chacune des zones ainsi délimitées.

Chaque zone peut être ainsi affectée d'un indice d'efficacité des améliorations proposées en comparant les rendements actuels aux rendements possibles (A7, p.15).

On peut en outre, affecter chacune des zones retenues d'un indice interzonal des possibilités à l'unité de surface, en comparant entre eux les rendements ainsi induits dans les différentes zones.

Le produit des deux indices précédents donne une assez bonne représentation de l'incitation à l'investissement comparée des différentes zones.

Cet indice à l'incitation, rapproché du coût des investissements nécessaires, peut aider à l'établissement d'une politique rationnelle de développement agricole (A7, p.15 et C4).

×
× ×

Au niveau régional de l'Afrique de l'Ouest, on peut très schématiquement, en première approximation, et pour les grandes productions, tracer ainsi les grandes vocations agricoles (A5, p.5).

- zones de forêts, où l'introduction des méthodes d'exploitation continue à partir des plantes annuelles est difficile : mise en valeur par les productions arbustives (palmier à huile, caféier, cacaoyer, hévéa, etc...),
- zones intermédiaires soudano guinéennes : plantes à tubercules, céréales à fortes exigences hydriques (maïs, riz pluvial),
- zones de savanes : céréales (donc viande), légumineuses à graines,
- zones particulières :
 - littorales : riziculture aquatique de mangrove, arboriculture fruitière,
 - aménagements hydro agricoles de vallées : riziculture aquatique douce, maraîchage, productions fruitières...

DEUXIEME PARTIE

SYSTEMES D'INTENSIFICATION POSSIBLES

DE L'AGRICULTURE EN AFRIQUE

DE L'OUEST

LA NECESSITE DE LA NOTION ET DE LA DEMARCHE SYSTEME

La clarté de ce qui va suivre réclame quelques définitions des termes qui seront utilisés dans ce document, définitions qui ne sont cependant pas toujours adoptées par tous (tant ce vocabulaire est encore mal fixé).

Ces définitions ne veulent donc pas s'imposer, mais seulement permettre une meilleure compréhension des termes employés.

L'approche système se caractérise par l'intérêt que l'on porte ou la conscience que l'on a des interactions (C 5). En agriculture, on peut parler de la nécessité d'une approche écologique des problèmes, et d'écosystème puis- qu'un ou plusieurs composants sont vivants. L'importance d'un composant ne peut être évaluée complètement que si on le relie au système plus vaste dont il est partie intégrante.

La recherche de la combinaison optimale des différents composants, donc de leurs meilleures interactions revient à optimiser le système (A 14). Le recours au modèle mathématique qui permet "d'écrire" les différentes contraintes et liaisons de systèmes (A 8 et A 3), de plus en plus fréquent, est un moyen élégant et puissant permettant :

- de trouver très rapidement les combinaisons cohérentes les plus intéressantes
- de simuler de nouvelles situations
- de faire apparaître les lacunes de notre savoir.

Ce dernier point est, il faut le souligner, l'un des apports essentiels de la démarche-système qui permet ainsi, par un phénomène d'information en retour (de "feed back") très fructueux, de réorienter la recherche et réexaminer ses priorités.

On peut distinguer dans les modèles (C 6 et A 7, p. 20) :

- les modèles potentiels qui combinent les facteurs de production et les productions déjà connus ou vulgarisés en milieu rural
- les modèles prospectifs qui font intervenir les innovations techniques et les spéculations nouvelles.

L'élaboration, intuitive ou par modélisation, de systèmes aboutit à des schémas qu'il est nécessaire de "mettre à l'épreuve par une expérimentation à grande échelle" qui justifie une réflexion approfondie et une organisation soignée" (C 5).

Les systèmes étudiés ou recherchés peuvent être simples ou complexes :

- le système cultural n'envisage que des productions végétales (il combine rotation x appareil de production x travail, etc...)
- le système de production, en agriculture, associe différents systèmes culturaux, d'élevage, de production forestière, etc...

Le système de production peut, dans un premier temps, s'élaborer en dehors des contraintes du milieu d'application (en station par exemple)

et s'évaluer suivant les seuls critères techniques et économiques : c'est un système technique de production (C 7).

Lorsqu'il intègre les contraintes de ce milieu d'application (humaines en particulier) il devient système socio-économique de production (C 7).

En fait, cette dernière étape introduit une notion essentielle : celle de la structure des unités de production, donc des exploitations, structure caractérisée par les données, physiques notamment (surfaces, bâtiments, équipements...), mais aussi par les données humaines et économiques (main d'oeuvre, capital...) de l'exploitation et leurs répartitions et distributions.

Dans l'étape "technique" la structure de l'exploitation-type se construit autour du schéma de production retenu. Dans l'étape socio-économique (celle du test du schéma dans le milieu d'application), le schéma technique est modifié en fonction des structures des exploitations existantes et, réciproquement, ces dernières devront souvent évoluer pour admettre de nouveaux systèmes de production.

Il convient donc de bien distinguer systèmes de production et structures d'exploitation dont la confrontation itérative, dans le milieu même d'application, permettra seule d'arriver aux systèmes d'exploitation, les mieux adaptés (on parle aussi, dans d'autres domaines, d'insertion des entreprises ou des unités économiques dans l'environnement économique de l'entreprise).

Dans le cas le plus simple, celui des "terres neuves", où n'existent pas encore d'exploitations, on peut imaginer que la structure retenue pour les nouvelles exploitations découlera directement du système de production choisi, la modélisation permettant alors d'en définir les principales caractéristiques, dimensionnelles notamment.

Enfin, l'existence, dans un même terroir, une même zone, de systèmes d'exploitation plus ou moins différents ou complémentaires va entraîner des actions réciproques, un "arrangement" au niveau des communautés rurales, et des rapports d'ordres divers, dont l'ensemble, plus ou moins cohérent plus ou moins organisé, plus ou moins dynamique, sera désigné sous le terme de structures agraires, qui caractérisent donc l'environnement de l'exploitation.

LES SYSTEMES "CULTURES ASSOCIEES"

La plupart des systèmes agricoles traditionnels en Afrique sont ou ont été, au départ, des systèmes de cultures associées, se traduisant par la présence plus ou moins simultanée sur le même terrain de plusieurs espèces végétales cultivées, parfois fort différentes quant à leurs produits, leurs "étages" morpho végétatifs, leurs stades phénologiques, leurs comportements agro-écologiques, etc..., par exemple : céréales + légumineuses + plantes à tubercules.

Les avantages de la culture associée dans une agriculture autarcique ont été soulignés par différents auteurs (A 10, p. 7) :

a) excellente utilisation des facteurs de l'environnement (A 10, B 10.1, B 10.11, B 10.12). La culture mixte peut porter au maximum l'utilisation de la lumière, de l'eau et des éléments nutritifs, par combinaisons optimales dans l'espace et le temps des appareils foliaires et racinaires, des besoins, de la couverture du sol, etc... Sont par ailleurs réduits les phénomènes d'érosion, de lessivage.

A cette complémentarité peuvent évidemment s'ajouter les relations synergiques, de symbiose par exemple.

A l'inverse, la concurrence jouera en mauvaises combinaisons pour tous les éléments nécessaires à la croissance et au développement végétatifs.

b) réduction des conditions défavorables de "l'écosystème".

Les attaques de prédateurs et maladies, bien que plus variées, ont tendance à être plus réduites, en même temps que l'envahissement par les mauvaises herbes est entravé (B 10.5).

De toute façon, la multiplicité des plantes cultivées amène à une répartition des risques, toutes les plantes n'étant pas affectées au même degré par les aléas climatiques, phytosanitaires, etc... d'où une très réelle notion de sécurité pour l'agriculteur.

Cependant, le critère de jugement en faveur ou en défaveur de la culture associée sera évidemment celui de la productivité (à l'unité de surface ou de main d'oeuvre..., suivant le facteur le plus rare pour le paysan), d'où la nécessité de compléter les appréciations, plus ou moins qualitatives et empiriques, par des études précises et quantitatives à mener, d'ailleurs, en deux conditions technologiques :

1 - En conditions peu évoluées.

De telles études ont été conduites dans trois villages de la province de Zaria (Nigéria du Nord) (A 10), en comparant systématiquement et statistiquement les cultures associées et les cultures pures pratiquées par les agriculteurs de la région (mil, sorgho, maïs, arachide, vigna, cotonnier, manioc, patates, etc...), les parties exondées étant seules considérées.

Les principaux enseignements sont :

- les cultures pures n'occupent que 17 % des surfaces,

- les types d'association sont très nombreux, mais 6 combinaisons occupent 60% de la surface dont l'une, mil/sorgho, représente 31 % de la surface réservée aux cultures associées,

- la disposition dans l'espace des plantes associées est généralement systématique, au contraire de ce qui est rapporté pour d'autres régions d'Afrique où les cultures sont disposées au hasard (B 10.5),

- l'intrant ("input") principal est la main d'oeuvre, tous les travaux agricoles étant effectués manuellement, à 80 % par la main d'oeuvre familiale.

La période de pointe de Juin - Juillet représente 26 % de la moyenne annuelle des heures de travail et c'est ce "bloc" de travaux qui détermine l'activité agricole de la famille. Les cultures associées demandent 29 % de main d'oeuvre de plus que les cultures pures pendant cette période (62 % de plus sur l'ensemble de l'année),

- le rendement spécifique des cultures est moindre en culture associée qu'en culture pure, probablement surtout par suite d'une densité inférieure, plus que pour des raisons de concurrence,

- en valeur monétaire, les productions des cultures associées surpassent de 62 % celles obtenues en cultures pures.

Globalement, le bénéfice brut moyen par heure de travail est identique dans les deux cas, mais l'heure de travail de la période de pointe est mieux valorisée par les cultures associées (+ 26 %),

- les variations du bénéfice apporté à l'heure de travail sont plus faibles pour les cultures associées que pour les cultures pures (d'où confirmation de la "sécurité" qu'apportent les cultures associées).

En conditions peu évoluées, les cultures associées se justifient donc et c'est d'ailleurs cette relation étroite agriculture de subsistance x cultures associées qui a fait que très peu de recherches aient été conduites pour l'amélioration des cultures associées, tant il apparaissait vrai qu'elles étaient la manifestation la plus évidente d'un système de culture rétrograde.

Or, malgré les efforts de la vulgarisation et les améliorations qu'elle conseille, les cultures associées ne reculent que très lentement dans maintes régions d'Afrique. On peut donc se demander si l'amélioration de la technologie ne bénéficie pas autant aux cultures associées qu'aux cultures pures, souvent considérées comme l'aboutissement normal de l'évolution de l'agriculture.

2 - En conditions améliorées.

La réponse à cette interrogation est l'objet des travaux (A 11) conduits dans le Nord de la zone guinéenne de Nigeria sur les cultures successives (ou dérobées) et intercalaires.

- En cultures successives (en fait, deux cultures dans la saison des pluies) et en conditions améliorées (fumure minérale, variétés améliorées hybrides notamment), la meilleure combinaison maïs + vigna donne une plus

value monétaire de plus de 60 % à l'unité de surface par rapport au sorgho hybride tardif nain, cultivé seul.

- En cultures intercalaires en lignes alternées (les unes en sorgho tardif, les autres en une combinaison à deux cultures successives), un large bénéfice se dégage en faveur des cultures associées par rapport à la culture pure de sorgho tardif (de l'ordre du double en valeur monétaire), à des niveaux relativement élevés de rendement, de l'ordre de 2.000 kg/ha pour le sorgho en culture pure.

La culture en intercalaire est donc un progrès par rapport aux cultures successives, du même ordre que celui que ces dernières apportaient par rapport aux cultures pures.

Dans les combinaisons essayées, les deux cultures intercalaires principales (mil hâtif et sorgho tardif) sont semées à même date, le mil étant éventuellement suivi d'un vigna, semé après sa récolte.

La meilleure combinaison expérimentée (2 lignes de mil hâtif + vigna / 1 ligne de sorgho tardif nain) montre plusieurs avantages et permet de tirer les enseignements suivants :

- ! la perte en rendement du mil par rapport à une culture pure est faible : moins de 10 % (près de 3 tonnes/ha de rendement),
- ! les revenus par unité de surface et de travail sont plus élevés,
- ! les risques sont diminués (érosion, sécheresse),
- ! la mécanisation de la plupart des opérations culturales est possible dans les meilleures combinaisons : certains semis ont même été effectués au tracteur.

Il convient cependant de signaler que :

- ! des difficultés ont été rencontrées dans la récolte et le semis en conditions humides,
- ! le séchage artificiel après récolte est nécessaire pour le mil hâtif et le maïs.

Ces inconvénients sont malgré tout assez facilement remédiables et l'on peut, en résumé, retenir de ces travaux, effectués en technologie améliorée, que les cultures associées intercalaires représentent un niveau d'intensification possible nettement plus élevé que les cultures pures, en agriculture paysanne.

x
x x

Cependant, de très sérieuses contraintes risquent d'apparaître si l'on veut étendre ces systèmes "cultures associées" à des exploitations à dimensions notablement plus grandes que la moyenne actuelle des exploitations paysannes (et inéluctablement cette dimension ira croissant en Afrique de l'Ouest, avec la mise en valeur de "terres neuves" et l'industrialisation) :

. la méconnaissance quasi totale des mécanismes commandant les composantes du rendement, favorables ou défavorables, en cultures associées empêchera de les contrôler, sauf réalisation et conclusion positive, entre temps, de recherches sans aucun doute très longues, délicates et coûteuses,

. le caractère sophistiqué de tels systèmes limitera fortement les possibilités d'une motorisation de plus en plus avancée. Le système des cultures en bandes alternées, "strip cropping", pourrait repousser ce problème sans toutefois le résoudre (cf expérience des Etats Unis d'Amérique),

. la réalisation de techniques spécifiques nécessaires à chacune des plantes associées (fertilisation, traitements phytosanitaires, etc...) restera toujours difficile, voire impossible,

. de graves dangers d'érosion et de dégradation des sols subsistent à l'occasion des interventions culturales (récolte, enfouissement des résidus de récolte, préparation du lit de semis et semis...), en partie obligatoirement réalisées en pleine saison des pluies (toujours agressives).

x
x x

Il semble donc possible de conclure que les cultures associées peuvent être un moyen intéressant d'améliorer une agriculture paysanne dans ses limites dimensionnelles actuelles ou faiblement accrues, donc, en particulier, là où le recours possible à la surface reste limité.

L'adoption du système des cultures intercalaires et successives peut amener à un degré d'intensification déjà intéressant, bien évidemment dans les régions où les conditions écologiques, en particulier la durée de la saison des pluies, sont suffisantes pour les permettre (zone nord guinéenne, par exemple).

Elle paraît plus aléatoire ou difficile dans les zones de savane et dès que l'on aborde une technologie agricole avancée.

LES SYSTEMES "CULTURE PURE" EN AGRICULTURE DE SAVANE

Pour différentes et importantes raisons, entre autres :

- alternance très tranchée des deux saisons sèche et pluvieuse et saison des pluies assez étriquée,
- pluralité assez faible des productions possibles,
- surfaces cultivables par habitant encore importantes,
- nécessité d'une mécanisation assez poussée pour la réalisation de techniques culturales indispensables à l'amélioration foncière des sols (labour, en particulier) et à effectuer en des temps aussi courts que possible,

les zones de savane se sont orientées essentiellement vers les systèmes de culture pure, à chaque fois qu'il n'est pas fait recours à l'irrigation, et même souvent également dans ce dernier cas.

En outre, l'intensification dans ces zones a été recherchée par le passage d'une agriculture itinérante ou semi-itinérante à une agriculture permanente, fixée, assurant cependant le maintien, voire l'amélioration, du capital sol : "toute communauté ne survit en tant que communauté prospère et capable d'évoluer qu'à condition de s'appuyer sur un système agricole stable et puissant ; ce dernier n'est stable qu'à condition d'assurer de façon constante le maintien, voire l'amélioration de la fertilité du sol" (A 5, p. 1).

x
x x

Cette intensification de l'agriculture de savane a, bien sûr, emprunté les mêmes voies classiques, que toute autre agriculture :

- création et protection de matériels végétaux à haute productivité,
- mise au point de techniques et d'équipements adaptés aux différentes conditions et productions,
- valorisation de la productivité du travail de l'homme par mécanisation et organisation.

Cependant, un des facteurs de production a dû être profondément amélioré et modifié : la terre, non pas tellement dans sa quantité, car la densité démographique moyenne n'est pas telle dans ces zones que la surface nécessaire ne soit pas disponible (sous réserve cependant de certaines révisions, parfois importantes, de l'utilisation de l'espace rural), mais plutôt dans sa qualité : les sols y sont généralement pauvres, dans la plupart des aspects de la fertilité : physique, hydrique, minérale, organique, biologique..., étant bien évident que ces aspects ne sont pas indépendants.

Aussi, la recherche s'est-elle largement attachée à accroître fortement la fertilité naturelle des sols pour la porter à une fertilité potentielle jusqu'alors inconnue, et souvent imprévisible.

Il n'est pas ici le lieu de traiter à fond de ce problème spécialisé. Cependant, l'amélioration foncière des sols étant le nécessaire préalable à toute réelle intensification des systèmes agricoles de savane, il est

apparu bon d'évoquer les possibilités importantes, maintenant bien connues, d'action dans ce domaine, d'autant que leur mise en application aura souvent une action directe sur les systèmes de production envisagés.

La zone principalement concernée est celle caractérisée par une saison des pluies d'une durée inférieure à cinq mois (A 6, p. 2) et pour laquelle "les agronomes eux mêmes ont longtemps admis comme une double fatalité la faible potentialité et la nécessité de couper les cycles de production par des périodes plus ou moins longues de repos du sol" (A 6, p. 1) ou de sidération.

Dans la zone concernée, la majorité des sols rencontrés appartiennent aux groupes des sols ferrugineux tropicaux, des ferrisols, des sols ferrallitiques et des sols peu évolués sur matériaux meubles (B 6. 12).

Ces sols présentent des caractéristiques communes importantes du point de vue agronomique :

- texture habituellement sableuse ou sablo argileuse des horizons superficiels et nette prédominance de la kaolinite dans la fraction argileuse du sol. De la combinaison de ces deux caractéristiques découle, pour le profil cultural, une conséquence importante : l'inexistence ou le peu d'importance des phénomènes de gonflement et de retrait du sol consécutifs aux variations d'humidité fait que la création d'une véritable structure ne pourra être que le fait d'une intervention mécanique provoquée : le travail du sol.

- assez grande pauvreté chimique

- . capacité d'échange faible (généralement comprise entre 2 et 5 me/100 g)
- . taux de matière organique et d'azote assez bas (1,5 à 3 % de matière organique, 0,3 à 2 % d'azote total)
- . taux de saturation du complexe absorbant de 40 à 100 %
- . pH faiblement à franchement acide
- . carences chimiques fréquentes : très généralement celle en phosphore (souvent moins de 200 mg de P₂O₅ total par kilogramme de sol) et, après culture, carence induite en potasse.

Le cycle de l'azote, essentiel à connaître et contrôler, mérite quant à lui des études particulières approfondies.

- phénomènes de lessivage importants du fait du caractère drainant des sols et pertes minérales consécutives,

- vie microbienne dont l'intensité peut présenter des variations considérables au cours de l'année, ce qui lui confère à certaines périodes, une importance jusqu'à présent tout à fait sous-estimée dans les phénomènes biochimiques du sol. En particulier très ralentie en saison sèche, cette vie microbienne connaît une reprise "explosive" en début de saison des pluies, qui entraîne une minéralisation intensive bien qu'assez fugace de l'azote ("pic" de minéralisation),

- érosivité assez forte, d'ailleurs due plus à une très grande agressivité des pluies qu'à une forte susceptibilité des sols, qui implique couverture du sol et dispositifs anti érosifs, et ce dès pluviométrie (1.000 mm) et pente (2 %) élevées (les pertes spécifiques peuvent atteindre, par exemple, pour le Sud du Sénégal, 20 tonnes/ha de terre/an sous sol nu : B 6.8).

×
× ×

Il est intéressant de décrire rapidement comment se sont effectués ou s'effectuent, dans ces zones et conditions de savane, les passages de systèmes agricoles "traditionnels" à des systèmes semi-intensifs *, actuellement proposés par la recherche dans ses opérations "vraie grandeur" (réalisées dans le milieu d'application) et reprises par le Développement.

On recourra à plusieurs reprises, pour ce faire, à l'exemple du Sénégal (A 6), mais nombre des descriptions et propositions faites ci-dessous valent pour l'ensemble de la zone sahélo soudanienne.

Les principales caractéristiques des systèmes de culture encore actuellement pratiqués par la grande majorité des agriculteurs de la zone peuvent être ainsi rappelées :

- défrichement progressif et dessouchage insuffisant,
- culture semi-itinérante ; cycles de production entrecoupés de friches dont la durée tend à diminuer de plus en plus,
- absence d'intégration agriculture-élevage, entraînant comme conséquences :
 - . l'impossibilité d'effectuer des travaux profonds du sol,
 - . l'impossibilité d'effectuer des restitutions organiques au sol par enfouissement,
- maîtrise insuffisante des adventices, en raison du manque d'équipement adéquat,
- fertilisation minérale absente ou très insuffisante,
- gamme restreinte de plantes dans le système cultural,
- successions végétales plus ou moins anarchiques,
- recours assez fréquent aux associations de plantes sur le même champ,
- faible utilisation des variétés sélectionnées,
- lutte phytosanitaire inconnue ou très peu répandue.

Sur le plan des rendements, les résultats obtenus dans de tels systèmes sont très médiocres (400 - 600 kg/ha pour les céréales ; 800 - 100 kg pour l'arachide, pourtant considérée comme l'une des cultures les plus aptes à utiliser au mieux les médiocres conditions de milieu offertes). Le capital

* l'appellation "semi intensif" a été retenue pour des systèmes agricoles déjà évolués, utilisant des techniques élaborées, telles que le travail profond du sol, un équipement mécanique varié, mais ne faisant intervenir que la traction animale, en fait bovine.

sol n'est pas conservé pour autant, de sorte qu'au bout d'un certain nombre d'années les champs sont abandonnés et de nouvelles terres doivent être défrichées, dans la mesure toutefois où existent encore des terrains disponibles.

Toutes les propriétés des sols sont affectées dans le sens défavorable et d'autant plus fortement que la défriche est plus ancienne : baisse de la teneur en matière organique, de la richesse en argile, de la capacité d'échange, des cations échangeables, du pH, du phosphore, etc... (B 6.20).

Les agronomes ont d'abord cherché à améliorer le système existant sans en bouleverser les fondements et en ne mettant en oeuvre que des techniques adaptées aux très faibles possibilités financières des paysans. Les efforts ont porté successivement ou simultanément sur les points suivants :

- utilisation de variétés sélectionnées à plus hauts rendements et meilleure résistance aux maladies,

- protection phytosanitaire des semis par désinfection des semences (opération très peu coûteuse) et, dans certains cas, de la culture (cotonnier),

- amélioration des techniques culturales et, en particulier : densité de semis ; semis en lignes facilitant le désherbage ; semis, façons d'entretien et récolte à bonnes dates grâce notamment à l'adoption d'un petit matériel léger,

- utilisation de doses faibles d'engrais sur les cultures les plus rentables, de façon à ne pas trop grever la trésorerie des paysans,

- respect de successions culturales définies et recours périodiques à la jachère courte.

L'adoption de cet ensemble de techniques, liées généralement à la culture attelée légère (cheval, âne), a permis de faire progresser très nettement la production et les rendements, surtout pour des cultures peu exigeantes telles que l'arachide et, dans une moindre mesure, le cotonnier. Les résultats ont été, par contre, beaucoup moins convaincante sur les céréales.

Par ailleurs, il faut souligner que, malgré la relative modestie des rendements obtenus et, donc, des exportations, ces systèmes sont impuissants à maintenir à long terme la fertilité des sols, encore moins à l'améliorer. Ils ne peuvent donc constituer une solution agronomiquement satisfaisante.

Les propriétés physiques des sols ne sont pas améliorées, les bilans minéraux sont souvent déficitaires et n'assurent même pas "l'entretien" de la fertilité.

S'agissant des propriétés biochimiques et de la matière organique, l'absence de bétail de trait lourd et de charrues rend impossible l'enfouissement des matières organiques (matière verte, résidus de récoltes, fumiers, etc...) ; et le brûlis, encore généralisé, des pailles entraîne la perte quasi-totale de l'azote et une diminution constante du stock d'azote et de la matière organique du sol.

La situation n'est donc guère différente de ce qu'elle était dans les systèmes traditionnels de départ et les rendements des cultures baissent, puis se stabilisent pour les cultures les plus "tolérantes": arachide, par exemple (rendements aux alentours de 1.500 kg/ha dans les meilleures conditions) ou se dégradent jusqu'à devenir dérisoires pour les cultures plus sensibles, telles que les céréales (500 à 800 kg/ha).

×
× ×

L'étape suivante de la réelle fixation d'une agriculture semi-intensive a été atteinte grâce notamment à l'utilisation de la traction animale lourde, la traction bovine, qui autorise des travaux profonds du sol, le labour, en particulier (A 6 p.27, 28, 29, 30 ; B 6.7, B 7.10).

Le rôle des labours dans le système cultural peut se schématiser ainsi :

- création d'une structure et d'une porosité du sol favorables à l'enracinement des plantes cultivées,
- meilleure alimentation hydrique et minérale des plantes consécutives,
- rendements agricoles accrus dans de fortes proportions.

L'important ensemble de données expérimentales réunies, notamment par l'IRAT au Sénégal et dans d'autres pays d'Afrique de l'Ouest (plusieurs centaines de résultats) (A 7), montrent que toutes les plantes cultivées, sans exception, réagissent favorablement au labour, mais que le degré de réponse est variable suivant la nature de la culture. Ce sont les céréales, et en particulier le maïs, le sorgho et le riz pluvial qui tirent le meilleur parti de l'amélioration de structure ainsi réalisée. A l'inverse, c'est l'arachide qui paraît réagir le moins, surtout quant il y a enfouissement de matière végétale. D'autres plantes, telles le cotonnier, le vigna, ont des réponses souvent intermédiaires.

Les accroissements moyens de rendements vont de 10 % (arachide) à plus de 100 % (riz pluvial), suivant la nature de la culture et le niveau de fertilisation lié. Les cas de réponses nulles ou négatives sont très rares et peuvent, la plupart du temps, s'expliquer par des conditions défectueuses de réalisation des techniques culturales.

Outre ces effets directs sur l'enracinement, la croissance et les rendements des cultures, les labours ont un rôle très important dans la pratique agricole courante : celui de faciliter très notablement la lutte contre les adventices.

Enfin, le labour joue un rôle important en permettant l'enfouissement des matières végétales et la restitution au sol des résidus de récolte, transformés ou non. La matière végétale enfouie a un rôle spécifique améliorant sur la structure du sol et sa conservation, qui vient s'ajouter à l'action propre du labour.

Malgré tous ces avantages, le travail profond du sol et, notamment, le labour, conservent encore, en zone tropicale, une fâcheuse réputation. Les cris d'alarme ne manquent pas, en littérature agronomique tropicale, pour mettre en garde contre la charrue dévastatrice de sols. Il est certain

que de telles craintes ne sont pas sans fondements et qu'un travail du sol défectueux ou réalisé à une période défavorable peut entraîner des conséquences désastreuses pour le sol, étant donné l'agressivité des facteurs climatiques.

Cependant, les données expérimentales venant étayer cette opinion sont fort peu fournies, alors qu'au contraire on peut maintenant faire état de mesures précises et nombreuses à l'actif du labour; on peut, par exemple, citer celles réalisées en "parcelles d'érosion" dans le Sud Sénégal et étudiant sur un sol nu l'action du labour sur le développement de l'érosion (A 6). Il s'est avéré, dans ces conditions, que non seulement la hauteur d'eau ruisselée était plus faible, mais encore que la turbidité spécifique dans la nappe ravinante était inférieure, sur labour. L'érosion, étant le produit de ces deux facteurs, se trouve près de trois fois inférieure sur labour que sur témoin non travaillé (6,5 t/ha contre 18,1 t/ha).

Il est d'ores et déjà certain que le labour ne se traduit pas, ipso facto, par une aggravation de l'érosion. Dans bon nombre de cas, c'est le contraire qui est vrai : le labour, soit par son action directe (comme dans l'expérience précitée), soit par son action indirecte sur la plante, en favorisant le développement végétatif et la couverture du sol, soit par les deux actions conjuguées, joue un rôle améliorateur dans la conservation du sol.

La réputation tenacement fâcheuse du labour et, plus généralement, du travail profond du sol, dans ce domaine tient, semble-t-il, à une confusion qui a longtemps été faite, en zone tropicale, entre profondeur de travail et intensité de travail. Ce dernier facteur, qui conduit à un émiettement susceptible d'aggraver dangereusement l'érosion, est à proscrire dans toute la mesure du possible. Mais les deux facteurs sont largement indépendants et la confusion ne doit plus être faite entre les deux.

L'influence du labour sur le sol et les rendements ne se limite pas à la seule année de sa réalisation, les effets résiduels pouvant être très importants et se faire sentir pendant plusieurs années. D'après les études menées au Sénégal (A 7), la rémanence d'action paraît être sous la dépendance de deux facteurs principaux :

- la nature du labour : les labours avec enfouissement de matière végétale ont une influence plus durable sur la structure du sol et les rendements que les labours ordinaires,

- la succession culturale adoptée : les céréales conservent beaucoup mieux le profil cultural créé par le labour que ne le font d'autres cultures, et, en particulier, l'arachide.

Concernant l'époque de travail, on peut souligner le fait qu'il peut y avoir souvent intérêt à reporter la réalisation des labours en fin de saison culturale. Le paysan a, en effet, en début de saison un calendrier très serré, de sorte que la réalisation des labours à ce moment peut amener à retarder la date de semis, ce qui est à proscrire dans toute la mesure du possible, compte tenu de la baisse de rendement importante qui s'en suit.

Cependant, ces labours réalisés en "fin de cycle" ne sont possibles, pour des raisons d'humidité et de cohésion du sol, que si le cycle végétatif de la plante est inférieur au cycle pluviométrique. Ceci est le cas pour un certain nombre de plantes (arachide, céréales à court cycle), mais non pour

les céréales traditionnelles (mils et sorghos tardifs), ni pour le cotonnier. Qu'il y ait ou non enfouissement des résidus de récolte, ces labours donnent sur le sol et sur les rendements des effets très intéressants, parfois supérieurs à ceux des labours de début de saison.

Un "profil cultural" ayant été ainsi créé, la fertilisation chimique, probablement le plus efficace et le plus puissant des moyens d'intensification, peut alors jouer pleinement son rôle.

Les modalités de définition de cette fertilisation sont trop classiques pour n'avoir qu'à être rappelées ici :

- détection et classement des carences minérales du sol,
- détermination des fumures de correction ou de redressement permettant de corriger ces carences et d'atteindre le potentiel de production (phosphatage de fond, chaulage, par exemple),
- détermination des fumures d'entretien permettant de compenser les exportations par les plantes et les pertes par drainage et volatilisation, de façon à maintenir intacte la richesse chimique du sol.

Dans le Sud du Sénégal, par exemple, pour une rotation quinquennale comportant : jachère enfouie, maïs, riz pluvial, arachide, mil, on a calculé que, pour des niveaux de production élevés (3 à 5 t/ha de grains ou gousses), il fallait prévoir d'apporter en moyenne annuelle :

90 kg/ha d'azote
30 kg/ha de P₂O₅
75 kg/ha de K₂O
170 kg/ha de CaO

ce qui représente des doses d'engrais d'au moins 500 à 600 kg/ha. Ce sont des doses couramment utilisées, et même dépassées, en agriculture de pays tempérés, pour des niveaux de rendements encore supérieurs. Ces doses surprennent pour l'Afrique, où elle représentent environ 4 à 5 fois ce qui est actuellement recommandé en vulgarisation. Il faut cependant obligatoirement en passer par là si l'on veut réellement révolutionner l'agriculture et abandonner les systèmes extensifs, au profit de systèmes fixés et intensifs.

La conjonction de ces profondes modifications physiques, hydriques et minérales entraîne généralement une forte amélioration des statuts organique et biologique du sol, à un point tel que l'insertion, jugée il y a quelque temps obligatoire, d'une sole de régénération (engrais vert enfoui, par exemple) n'apparaît plus maintenant indispensable, par suite notamment de restitutions importantes par les systèmes racinaires et les résidus de récolte (pailles notamment) : la culture continue et fixée apparaît donc possible.

En outre, cette amélioration foncière des sols a deux conséquences essentielles pour l'adoption d'une agriculture plus intensive :

- elle permet la diversification des cultures qui, limitées traditionnellement, dans les zones de savane, au mil pénicillaire, au vigna,

à l'arachide, au sorgho, peuvent alors s'étendre au maïs, au cotonnier, au riz pluvial et à la production zootechnique, véritable vocation de ces zones,

- elle assure un certain "tamponnement" des aléas climatiques, mettant à l'abri l'agriculture des années catastrophiques.

Une illustration de cette évolution est fournie par les résultats obtenus à la Station agronomique de Séfa (Casamance, Sénégal) où, depuis 1960, les techniques brièvement décrites ci-dessus ont été progressivement utilisées.

Les effets n'ont pas tardé à se faire sentir ; les propriétés des sols ont été améliorées ; les rendements atteignent ou dépassent :

- 5 tonnes à l'hectare pour le maïs
- 4 tonnes à l'hectare pour riz (paddy)
- 3 tonnes à l'hectare pour l'arachide (gousses)
- 3 tonnes à l'hectare pour le mil (grain).

Ce sont là des niveaux de production qu'on était loin d'atteindre, ni même d'espérer vers les années 1950. Ils prouvent que l'évolution des sols peut ne pas présenter inéluctablement un caractère catastrophique pour l'agriculture, mais être, au contraire, infléchie dans un sens favorable, et que l'agriculture fixée et intensive est parfaitement possible dans ces régions.

x
x x

L'étape devant succéder à l'étape semi intensive * de la culture attelée lourde est celle de l'agriculture motorisée dont le démarrage, tenté prématurément il y a un quart de siècle, est maintenant possible grâce aux niveaux de productivité atteints.

Cette agriculture intensive *, dont la nature ne diffère guère de l'agriculture semi-intensive *, au moins quant aux techniques, seulement plus élaborées, est actuellement mise au point dans ses grandes lignes par la recherche (C 8).

* le stade semi intensif était la traction animale lourde, le stade intensif est celui de la motorisation.

L'INTENSIFICATION PAR L'IRRIGATION

Le facteur le plus déterminant de toute activité agricole est, sans conteste l'eau. Il peut cependant être défavorable par :

- son excès : engorgement des sols, asphyxie, (nécessité de l'assainissement, du drainage) ; érosion et ruissellement (nécessité de dispositifs anti érosifs, de couvertures végétales...) ; développement du parasitisme, etc...

- et surtout son défaut, quantitatif ou qualitatif (irrégularité des précipitations météoriques, par exemple).

Une action en vue d'une meilleure économie de l'eau apparaît donc comme la plus efficace pour influencer sur la production agricole ; ce devrait être la première et c'est hélas souvent la dernière, car peut être la plus coûteuse. Ce coût de l'eau sera d'autant plus élevé que le déficit hydrique à combler sera plus grand (régions tropicales sèches, subarides) et que les techniques d'aménage ou d'exhaure seront plus élaborées (notamment si l'on passe de l'irrigation par gravité, utilisant des eaux superficielles, à l'irrigation par pompage à partir de nappes souterraines).

Il n'en demeure pas moins qu'en milieu tropical sec toute véritable intensification de l'agriculture passera nécessairement par l'irrigation (A 16) dont l'étude approfondie des différents aspects a d'ailleurs fait l'objet d'un séminaire spécial.

Le propos ici est seulement d'évoquer l'extrême intensification des systèmes agricoles que requiert l'irrigation, technique chère.

L'aménagement hydro-agricole du terrain destiné à la culture irriguée est donc nécessairement conçu et réalisé, jusque dans le détail, de façon entièrement étrangère au milieu naturel actuel. Ce caractère artificiel impose le plus large recours aux techniques de l'ingénieur ; il en résulte un coût unitaire très élevé. Une autre conséquence est que ces aménagements prennent souvent la forme de très grands ensembles : en effet, il est toujours avantageux de pouvoir diluer le prix de revient des ouvrages indispensables (digues, canaux, stations de pompage, etc...) sur une surface agricole aussi étendue que possible.

De plus, l'expérience a souvent montré qu'il n'était guère avantageux de concevoir de tels aménagements de façon sommaire en vue d'en limiter le coût. En effet, une maîtrise de l'eau imparfaite augmente les difficultés d'exploitation et réduit la productivité. Il est fréquent de voir des aménagements hydroagricoles trop sommairement conçus devoir être améliorés par la suite, ce qui revient évidemment encore plus cher.

On aboutit ainsi à un coût situé entre 400.000 et 1.000.000 f CFA (2.000 à 5.000 \$) l'hectare, pour des aménagements hydro-agricoles relativement efficaces. Ceci représente, avec les frais d'entretien, une charge annuelle de l'ordre de 30.000 à 50.000 f CFA (150 à 250 \$), à laquelle s'ajoutent éventuellement des frais de pompage.

Cette charge importante doit être payée par la culture, ce qui implique l'obtention de rendements très élevés, donc une intensification

poussée, nécessitant l'emploi d'une quantité importante d'intrants ("inputs") et des techniques culturales sophistiquées.

Il est donc obligatoire de faire appel à des systèmes de production très exigeants et rigoureux, réclamant de la part du paysannat une technicité élevée et contraignante : la formation de ce paysannat apparaît alors comme une tâche préalable indispensable.

La plus grande difficulté est d'ailleurs souvent de définir et de respecter un partage correct des responsabilités et du produit entre les paysans en voie de formation et le dispositif d'encadrement et de gestion indispensable au lancement de telles opérations (A 16, p. 11).

Cette difficulté étant supposée résolue, les performances obtenues par irrigation sous les tropiques, et, en particulier, dans les zones sèches, sont tout à fait remarquables.

Bien entendu, ces performances seront d'autant plus élevées que les systèmes utilisés seront plus sophistiqués, c'est-à-dire, en fait, que l'aménagement du terrain et la maîtrise et la gestion de l'eau seront mieux assurés, en même temps bien sûr que les techniques et matériels végétaux et mécaniques seront plus élaborés. La qualité des eaux (salure en particulier) et des sols sera, ce faisant, prépondérante.

Quelques chiffres obtenus en expérimentation permettront de se faire une idée de l'intensification possible en différents systèmes.

Les systèmes de simple récolte

Ils sont généralement réalisés en saison d'été (des pluies), pour la riziculture par exemple.

Les performances normalement obtenues pour une récolte (en tonnes de paddy à l'hectare) peuvent être (résultats du Sénégal) :

Gestion de l'eau	Maîtrise incomplète de l'eau (à la submersion)	Maîtrise complète (submersion et drainage)
Situations		
mangrove	1,5 t/ha	3,5 t/ha
eau douce sols salés	3	5
eau douce sols non salés	7	10-12

Des expériences d'irrigation sur cultures maraîchères en saison d'hiver (sèche), également actuellement en cours, permettent déjà d'annoncer des récoltes de l'ordre de 40 à 60 tonnes/hectare pour des cultures types tomates et oignons.

Les systèmes de cultures multiples ("multiple cropping")

Ils sont notamment proposés par les chercheurs du Sud-Est asiatique.

- aux Indes, (cf notamment A 3) où la céréale reste la culture principale, pivot de la succession.

Quelques unes des performances obtenues peuvent être ainsi résumées.

Succession culturale dans l'année	Rendement moyen (t/ha)	Rendement "de pointe" (t/ha)
riz - riz	10	20
mil - blé	7,5	15
riz - blé	9,5	21
sorgho - blé	8	12,5
maïs - blé	8	15,5
riz - blé - maïs } riz - maïs - riz }	11,5	23
riz - riz - riz	14	18,5

- aux Philippines

Ces systèmes proposés par l'IRRI (A 15) sont l'ultime stade de perfectionnement du système cultures associées en intercalaires successives, rendu possible par une parfaite maîtrise de l'aménagement et de la gestion de l'eau de terres de vallées.

Ces systèmes sont basés sur la recherche d'une exploitation aussi totale que possible de la terre aussi bien dans le temps que dans l'espace, recourant à des techniques et des équipements spécialement conçus et élaborés.

Le projet culture multiple de l'IRRI a ainsi permis l'élaboration de systèmes complexes associant dans un calendrier cultural annuel deux ou trois cultures céréalières (riz, sorgho, maïs), des légumineuses (soja), des cultures à tubercules... permettant d'atteindre des produits bruts de l'ordre de 700.000 f CFA hectare (plus de 3.000 \$) grâce à des rendements tels que (A 15).

Culture	Rendement moyen (t/ha)
riz	4 - 6
patate douce	20 - 30
soja	2 - 3,6
maïs sucré	40 (en épis)
sorgho 1	5 - 7
sorgho 2	6 - 7
sorgho 3	5 - 6

De tels systèmes, bien qu'ayant des possibilités d'extension relativement réduites en Afrique, méritent cependant d'être étudiés dans des zones privilégiées quant à leurs possibilités d'aménagements hydro-agricoles et à fortes densités de population.

TROISIEME PARTIE

DIFFUSION DES SYSTEMES DE PRODUCTION INTENSIFS

PROPOSITIONS POUR LE TRANSFERT DU MESSAGE

RECHERCHE - DEVELOPPEMENT

LA DIFFUSION DES NOUVEAUX SYSTEMES AGRICOLES

Quels que soient la voie et les systèmes d'intensification choisis (cultures associées, cultures multiples, culture pure, etc...), il est maintenant prouvé que l'agriculture d'Afrique de l'Ouest, y compris celle de savane, peut être fortement intensifiée.

Les bases de la "révolution verte" de cette région semblent donc bien disponibles et on peut bien sûr s'étonner du retard de cette révolution déjà en partie réalisée dans les pays du Sud-Est asiatique. Il faut, en effet, bien reconnaître qu'en Afrique peu de projets de développement d'envergure peuvent afficher une notable réussite dans une réelle intensification de l'agriculture, singulièrement paysanne.

Le "message Recherche-Développement passe mal" et il convient d'en découvrir rapidement les raisons, si l'on ne veut pas compromettre, pour un long temps encore, les chances de la valorisation de travaux de recherche, au demeurant d'une remarquable qualité et efficacité potentielle.

On écartera a priori les raisons liées aux moyens de la Vulgarisation. Irréguliers sans doute, il est cependant impensable qu'ils soient partout insuffisants et il n'est pas douteux qu'en nombre de lieux ont été réunis compétence, moyens et volonté d'aboutir et si les résultats ne sont pas plus évidents c'est que des explications sont à rechercher en amont et singulièrement dans la nature et la forme des propositions faites jusqu'alors par la Recherche au Développement.

En fait, les efforts d'amélioration de la production agricole, singulièrement ceux de la Recherche agronomique, en Afrique tropicale, ont surtout porté, dans le passé, même encore très récemment, sur les améliorations séparées des différentes productions (amélioration et protection d'un matériel végétal plus élaboré, plus productif, par exemple) et des différents facteurs de production (terre, capital, travail) par action sur la fertilité des sols, la mise au point d'un certain équipement mécanique et la valorisation consécutive, quoique encore faible, du travail de l'homme.

Cependant, tous ces efforts sont généralement restés thématiques et leurs résultats ont été ainsi livrés au Développement, technique par technique, voire recette par recette, laissant à ce dernier le soin de les combiner.

Ce n'est que récemment que les agronomes tropicaux ont eu nette conscience de la nécessité d'élaborer des systèmes intégrant leurs différentes propositions élémentaires : "nous ne pouvons espérer atteindre tous nos objectifs en utilisant une succession d'approches, avec chacun un but individuel, nous avons besoin de systèmes qui permettront d'atteindre le rendement optimum que la communauté peut obtenir à partir de ses ressources humaines, naturelles et autres" (A 2, p. 3).

La Recherche ne s'est donc délibérément engagée dans une démarche-système que très récemment, réalisant enfin que ses résultats obtenus par une approche analytique n'auraient leur véritable valeur que dans la mesure où ils pourraient être intégrés dans un système de production.

Ceci implique alors pour la démarche de la Recherche, trois conditions subséquentes essentielles :

- la nécessité d'une vérification de la factibilité technique des combinaisons des différents thèmes proposés,

- la recherche de la combinaison optimale, tant techniquement qu'économiquement, la modélisation du système afin de l'optimiser (A 14),

- l'expérimentation en vraies grandeurs et conditions (dans le milieu d'application) des schémas retenus.

C'est peut-être le fait que ces trois conditions n'aient été, auparavant, que très rarement réunies qui explique le retard, en Afrique, de ce transfert du message Recherche - Développement et, partant, de la révolution verte africaine.

x
x x

La description de la démarche récemment suivie par la Recherche agronomique (en particulier au Sénégal) permet de dégager différents enseignements et proposer des modalités à ces différentes étapes de l'élaboration des systèmes socio-économiques adaptés au milieu d'application choisi, donc valables pour les opérations réalisées par le Développement dans ce même milieu.

1. Phase analytique

Chaque production ou facteur de production est étudié séparément et les recherches engagées visent à en maximiser la productivité propre.

Ces recherches intéressent les domaines classiques de l'agronomie (amélioration du sol, de la plante, protection des végétaux, mécanisation, etc...), mais elles traitent également des aspects économiques et d'un facteur essentiel de production, le travail (A 7 p. 17).

Les besoins en travail des principales activités (végétales, animales...) sont déterminés par les études de temps de travaux, en station surtout.

La notion de "jours disponibles", surtout fonction des conditions pédoclimatiques, mais aussi de certaines habitudes sociales, des conditions physiques des travailleurs, etc..., permet d'écrire les possibilités de travail, pour chaque condition.

La confrontation des besoins et possibilités de travail détermine les contraintes au niveau de chaque opération, activité, exploitation, etc..., pour :

- les moyens de traction,
- les équipements,
- les moyens en main d'oeuvre.

Les études du travail faites montrent que c'est la contrainte de main d'oeuvre qui joue le rôle le plus déterminant dans la majeure partie de la zone tropicale sèche : il y a manque chronique de main d'oeuvre et singulièrement dans les régions aux plus fortes potentialités.

En outre, à cet aspect quantitatif s'ajoute une mauvaise organisation du travail, même au niveau des seules techniques (désherbages trop

tardifs, par exemple, qui font que la pousse accélérée des adventices augmente considérablement le temps du désherbage retardé).

2. Phase de synthèse et d'évaluation de systèmes techniques de production

La combinaison des données analytiques des disciplines agronomiques et économiques mène à l'élaboration de systèmes techniques qu'il y a lieu de :

a) tester techniquement.

Il n'est, en effet, nullement évident, et en tout cas rarement vérifié, que les meilleures techniques spécifiques puissent être simplement additionnées pour construire le meilleur système possible.

Par exemple, la meilleure date de semis, la plus précoce généralement dans la saison des pluies, est souvent incompatible avec la nécessité d'une préparation correcte du lit de semis, dans les pays à saisons très tranchées.

En outre, la technologie de l'agriculture africaine est encore à un niveau tel que nombre de techniques, dont la nécessité apparaît lors de la construction de systèmes ne sont pas encore bien connues dans leurs modalités de réalisation. Des lacunes ("gaps") apparaissent ainsi, qu'il faut soumettre, en retour, aux disciplines spécialisées de recherche analytique.

C'est au cours de cette phase qu'est testée, au niveau du système, la compatibilité des besoins et moyens de travail.

Sont principalement étudiées (A 7, p. 22) :

- les importances respectives des heures de main d'oeuvre et de traction (heures d'attelages ou de tracteurs). En particulier, le rapport heures de main d'oeuvre / heures de traction indique le degré de mécanisation de chaque activité végétale et, par son inverse, la pression de recherche à exercer pour améliorer la productivité de la main d'oeuvre par l'équipement mécanique,

- les différents agrégats ou "blocs" de travaux que l'on peut distinguer au cours des saisons de culture.

C'est ainsi qu'en zone de savane on distingue :

- 1er bloc : façons superficielles de préparation en sec,
- 2ème bloc : façons superficielles de semis et d'entretien,
- 3ème bloc : façons lourdes de récolte et labour de fin de cycle.

Le caractère plus ou moins "différable" (possibilité d'avancer ou de retarder plus ou moins) des opérations comprises dans ces blocs allège ou aggrave plus ou moins la contrainte correspondante (par exemple : le 1er bloc est assez largement différable, le 2ème bloc pratiquement pas, le 3ème bloc l'est dans une certaine mesure). Il indique également la pression de recherche à exercer pour que cette diffétabilité soit, autant que faire ce peut, accrue.

b) évaluer économiquement.

Cette évaluation, qui peut être simple ou déjà sophistiquée (méthode des budgets automatisés, par exemple), permet un premier et large criblage des systèmes et un choix de schémas a priori intéressants (C 9, C 10, C 11).

3. Phase d'approche typologique des structures réelles de production (phase qui peut d'ailleurs être simultanée avec la "précédente"), ces structures étant, généralement, les exploitations existantes.

Aucun système technique de production ne peut être "plaqué" sur ces structures existant dans le milieu d'application.

L'étude de ces structures et de leur typologie est donc indispensable dans ses différents aspects techniques, économiques, sociaux :

- systèmes de production : productions et facteurs de production, en particulier appareil de production (équipement, cheptel, surface, etc...)
- démographie, migrations
- organisation sociale, au niveau de la famille
 - l'exploitation
 - le village
 - le terroir, etc...
- mode de tenure des terres, régime foncier, occupation des terres
- relations internes, externes à l'exploitation
- organisations professionnelles et commerciales, etc..

Cette connaissance du paysannat auquel sont proposés les nouveaux systèmes de production ne doit cependant pas être seulement statique. Il est, en effet, essentiel d'admettre que la réaction d'une société, d'une communauté à une innovation, une nouvelle technologie, ne peut pas être connue (ni déduite ni même induite) à partir de l'étude statique de cette société, de cette communauté, réalisée avant l'introduction de l'innovation.

Aussi est-il apparu indispensable d'effectuer cette étude dans un milieu préalablement "déstabilisé" par une action de diffusion d'une technologie avancée, afin de créer un paysannat "en marche" avec ses éléments "de pointe", qui souvent n'existent pas en Afrique, au contraire des pays de zones tempérées où certains exploitants adoptent très rapidement et directement les dernières propositions de la Recherche.

Afin de réduire les risques et corriger immédiatement certains inconvénients inconnus de la nouvelle technologie, cette diffusion est assurée par la Recherche dans des actions du type "paysans correspondants" et "Unités expérimentales" (dont il sera question plus loin).

4. Phase de modélisation

A partir des 3 premières phases déjà décrites de la démarche de transfert proposée, il est en principe maintenant possible d'écrire toutes les composantes, contraintes, relations, etc... pour modéliser les systèmes

à proposer au milieu choisi. Cette phase de modélisation peut faire appel à différentes méthodes des plus simples, telle l'intuition, aux plus complexes que permet maintenant l'informatique : programmation linéaire, matrices polyvalentes, etc... (A 14 ; B 8.3, 4 et 5 ; B 8.9 ; C 9, C 10, C 11).

Il n'est pas utile d'en traiter ici.

5. Phase de diffusion

Des "modèles" intégrant tant les données innovatrices de la Recherche que les contraintes du milieu d'application sont, en principe, maintenant disponibles.

Ces modèles peuvent être (C 6) :

- des modèles potentiels, c'est-à-dire n'utilisant que des productions et facteurs de production déjà connus dans le milieu rural.

Ils peuvent être alors directement proposés à la Vulgarisation qui les utilisera dans des actions du type conseil de gestion auprès des paysans

- des modèles prospectifs, faisant intervenir des innovations proposées par la Recherche.

Dans ce dernier cas, une étape spéciale, conduite par la Recherche, est apparue nécessaire, celle d'une véritable expérimentation des nouveaux schémas chez le paysan.

- d'abord à l'échelle individuelle : le "paysan correspondant", qui est un paysan choisi par son ouverture au progrès (A 7, p. 28)

- ensuite à l'échelle de la communauté rurale : "l'Unité expérimentale" (A 7, p. 30 ; A 13, p. 16), dont la dimension (plusieurs milliers d'hectares, plusieurs centaines d'exploitations) permet d'affirmer que l'expérimentation a lieu à une échelle telle que tous les facteurs agro-socio-économiques du milieu jouent à peu près librement et, partant, qu'une extrapolation à l'environnement est autorisée sans grand risque de biais systématique.

L'Unité expérimentale

Le vocable "Unité expérimentale" désigne donc, en fait, une méthode et une action de Recherche qui tend à introduire et développer la démarche-système, jusqu'alors menée en structures classiques de Recherche (stations, points d'appui...), dans le milieu même d'application et à une échelle telle que soient concernés non seulement les exploitations individuelles et leurs structures propres, mais également, et aussi largement que possible, leur environnement socio-économique et les structures agraires caractérisant la zone qui les englobe.

Cette action, actuellement menée au Sénégal, est née de réflexions simples (C 12, C 13, C 14) qui peuvent être ainsi aisément résumées :

- le développement est de nature globale et intégrée et les systèmes de production qui le permettent ne sont valables que dans la mesure

où ils ont été déterminés et expérimentés dans le milieu même pour lequel ils sont proposés et à une échelle telle que les facteurs internes et externes à l'exploitation paysanne aient pu intervenir aussi normalement que possible,

- l'écart entre la moderne technologie maintenant proposée par la Recherche en Afrique de l'Ouest et le niveau actuel de l'agriculture traditionnelle est tel que l'introduction de cette nouvelle technologie ne peut s'accompagner que de profonds bouleversements dans les systèmes de production (c'est bien la "révolution verte"), dont il faut connaître et contrôler l'apparition et les manifestations pour assurer à cette pénétration du progrès technologique sécurité et rapidité,

- les liaisons entre économie du développement et comportement social, voire politique, des groupes humains, de la société concernés, sont d'une telle intimité que le chercheur agronome ne peut se permettre d'ignorer les répercussions et réactions structurelles et sociales engendrées par la technologie qu'il propose. Il doit, au contraire, s'attacher à les connaître, les observer avec rigueur pour amender, voire repenser ses propositions techniques, en fonction de ce choc en retour ("feed back") qu'il enregistrera, expliquera et, au besoin, quantifiera lui-même,

- le transfert du message Recherche-Développement ne sera de qualité que si le dialogue se tient dans un langage commun, à propos d'une action dynamique et à une dimension préhensible par les deux partenaires.

Ces quelques réflexions ont déterminé le Gouvernement du Sénégal à engager, dès 1968, cette action, cet essai, "Unités expérimentales" (dénommées d'abord "Actions régionales de Développement intégré", en C 10), sur deux coopératives (les coopératives étant les structures de base du développement économique du Sénégal).

Les deux coopératives choisies sont implantées dans la région la plus importante du pays (Sine Saloum) quant à la production agricole, caractérisée par une pluviométrie annuelle de l'ordre de 850 à 900 millimètres. Elles s'étendent sur 1.200 hectares, dont 7.000 cultivables.

L'opération intéresse une population d'environ 3.750 ruraux, représentant plusieurs ethnies, groupés en 20 villages et environ 350 exploitations principales (ou "carrés").

Les grandes productions y sont :

- l'arachide
- les céréales (mils, sorghos, maïs)
- le cotonnier
- l'élevage (environ 4.000 bovins et 3.000 ovins + caprins).

La technologie proposée (mise au point en structures classiques de Recherche situées dans la zone d'emprise des Unités expérimentales) est actuellement basée sur la traction animale bovine, qui permet déjà des travaux et interventions "lourds" (labour, par exemple) donc une très réelle intensification de l'agriculture caractérisée notamment par :

- un dessouchage complet des terres,
- des fumures minérales de rotation (redressement et entretien),
- des rotations se traduisent par une véritable mise en assolement de l'exploitation,
- un équipement mécanique couvrant aussi complètement que possible les opérations culturales et post culturales,
- une véritable intégration agriculture-élevage, notamment au niveau de l'exploitation, etc...
- un début d'organisation et de gestion rationnelles des exploitations ainsi intensifiées.

Cette intensification s'est traduite ces dernières années, pourtant bien peu favorables, par un accroissement très important des rendements, en même temps que par l'atténuation de leurs variations sous l'effet des aléas climatiques ("effet tampon").

Cependant l'un des objets essentiels de l'Unité expérimentale restant une sorte d'approche prospective, bien que réelle, expérimentale et en vraie grandeur pour que le Développement l'accepte, de l'agriculture à venir des régions considérées, la technologie la plus avancée possible y est-elle recherchée. En particulier, les formes et modalités d'introduction de la motorisation y sont en cours d'expérimentation, des études techniques et économiques en ayant préalablement démontré l'opportunité en milieu paysan (C 8).

Cette "déstabilisation" du milieu rural, par une technologie de plus en plus élaborée, a permis d'identifier les grands problèmes, que ne manquera pas de poser une telle évolution au Développement, et à s'efforcer de les résoudre à l'avance, grâce à une intervention pluridisciplinaire de la Recherche, pouvant aller jusqu'à une remise en cause des thèmes et systèmes proposés.

Ont ainsi été traités avec large succès et souvent d'une manière originale :

- la diversification des productions et leur étalement dans le calendrier annuel des travaux (élevage, cultures maraîchères, fruitières...), aux fins notamment d'une meilleure efficacité du travail,
- l'amélioration des infrastructures de l'exploitation et du village (habitat, bâtiments de ferme...) et de la petite hydraulique (puits, exhaure animale),
- la réorganisation et l'élargissement des fonctions des coopératives (approvisionnement, production, commercialisation...),
- l'établissement de nouveaux circuits commerciaux,
- la promotion d'un artisanat rural capable d'assurer la maintenance du matériel agricole diffusé,
- l'aménagement foncier et de l'espace rural (regroupement, échanges parcellaires, remembrement...),
- l'action sociale (santé, prévention) et féminine,

etc..., toutes actions qui permettent d'adapter et d'intégrer progressivement mais globalement les systèmes techniques de production proposés aux structures d'exploitation et agraires existantes, donc la technologie au milieu et réciproquement.

Une stratégie du développement peut, d'ailleurs, à cette occasion être esquissée, en liaison avec les organismes spécialisés, notamment en permettant une évaluation quantitative des vitesses et intensités respectives de pénétration des divers thèmes proposés et des freins de divers ordres ressentis, et donc une appréciation des voies de pénétration du progrès les plus aisées et les plus rapides (A 17).

L'enseignement de l'Unité expérimentale est alors transmis aux opérations de Développement voisines suivant un processus également en cours d'expérimentation au Sénégal.

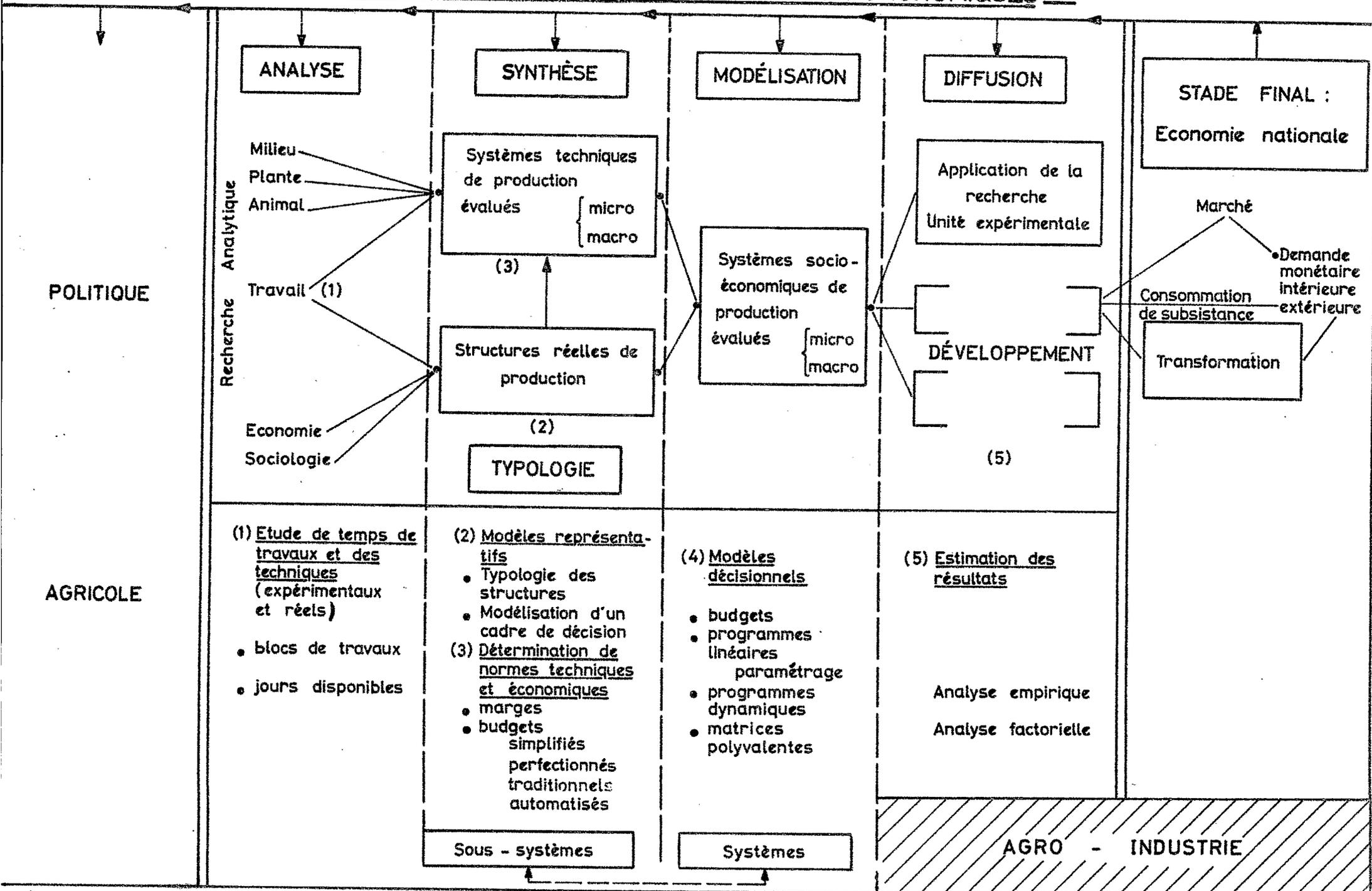
A signaler que l'essai "Unités expérimentales" peut, dans une certaine mesure, être comparé, bien qu'étant à dimension plus réduite, mais à action plus approfondie auprès du paysannat, au projet "Puebla" réalisé par le CIMMYT et les services gouvernementaux au Mexique (C 15, C 16).

x
x x

La démarche (et ses quatre phases ainsi précédemment décrites) proposée par la Recherche agronomique au Sénégal, pour élaborer les systèmes socio économiques de production adaptés aux structures existantes de production est résumée dans le schéma joint qui, en même temps, l'insère dans le système plus vaste de la planification et de la politique de développement agricole d'une nation.

Il a semblé nécessaire d'y insister car elle peut permettre de lever de graves obstacles au "transfert du message" de la Recherche au Développement dont la lenteur, évoquée au début de ce chapitre, devient de plus en plus insupportable au fur et à mesure que semble s'élargir le fossé technologique qui sépare pays développés et pays en voie de développement.

* SYSTÈME INTÉGRÉ DES RECHERCHES AGRONOMIQUES *



* établi lors du Séminaire Economie rurale du GERDAT (Montpellier, 29 Mai - 3 Juin 1972)

C O N C L U S I O N

Le retard de la "révolution verte" en Afrique de l'Ouest ne peut être attribué :

- à la médiocrité des potentialités agricoles de cette Région dont la Recherche a, au contraire, récemment fait apparaître les niveaux insoupçonnés,
- à un défaut d'ouverture au progrès du monde rural, des expériences récentes ayant largement démontré ses larges capacités d'adaptation,
- à une insuffisance particulière des institutions et organisations d'animation et d'encadrement du paysannat, aussi dynamiques qu'ailleurs.

Il semble, par contre, que ce retard puisse être assez largement imputé à une mauvaise définition ou formulation préalable des systèmes agricoles intensifs possibles et à une incontestable carence dans la détermination d'une stratégie du transfert du message de la Recherche au Développement. La gravité de cette carence est d'ailleurs encore accentuée, dans cette région du monde, comparée par exemple, au Sud-Est asiatique où la révolution verte a déjà réussi, par des conditions naturelles souvent moins favorables, un caractère nettement plus extensif de l'agriculture traditionnelle et une complexité sans doute plus accentuée des systèmes susceptibles d'assurer l'intensification recherchée.

La réelle urgence de cette détermination des systèmes agricoles intensifs et des modalités de leur pénétration dans le milieu rural, a permis au Séminaire de souligner très fortement, l'intérêt de la démarche système que la Recherche se doit d'adopter ou d'accentuer, tant dans ses activités menées dans ses structures classiques que dans celles qu'elle conduit dans le milieu d'application, seule ou en liaison avec le Développement.

Différentes voies possibles de l'intensification agricole ont été décrites et comparées au cours du Séminaire (cultures associées, cultures pures, irrigation, mécanisation, intégration agriculture-élevage, etc...).

Les conditions du milieu physique, les considérations économiques (notamment l'option admise ou imposée quant aux facteurs de production à maximiser), l'attitude du paysannat face aux nouvelles technologies, etc... fournissent ou fourniront les éléments du choix entre ces différentes voies. Encore faut-il que ces conditions soient bien appréciées et ces éléments bien présentés aux différents niveaux et instances de décision, qu'il s'agisse de l'agent économique qu'est le paysan, avec ses motivations et contraintes, ou du pouvoir politique, responsable du développement harmonieux et du maintien des équilibres fondamentaux de la nation.

Aussi est on conduit à rechercher les moyens de préfigurer en vraie grandeur les principales caractéristiques et conditions d'une agriculture technologiquement la plus avancée possible, adaptée aux différentes écologies et situations agricoles existantes et susceptible d'en exprimer au mieux les aptitudes et potentialités compatibles avec les grands objectifs et options

de Développement, qui seront d'ailleurs, en réciproque, dans une certaine mesure, influencés par cette préfiguration et cette prospective réalisées expérimentalement.

Cette préoccupation et les moyens d'y répondre ont longuement retenu l'attention des participants au Séminaire.

A cette occasion, il leur a été proposé la démarche "Unité expérimentale", méthode et action de Recherche suivie au Sénégal, qui représente un système intégré de Recherche assez complet allant de la recherche à caractère analytique à la synthèse au niveau des combinaisons des productions et des facteurs de production. Ce système est, en outre, dynamisé par la constante possibilité d'un retour (ou "feed back") de toutes les étapes de la démarche vers les étapes précédentes.

Que cette démarche, ou une autre de nature comparable, permette l'application rapide, au vaste monde rural, des technologies existant déjà dans les "dossiers" de la Recherche, et l'Afrique de l'Ouest connaîtra, elle aussi très vite, la révolution verte, en raison des riches potentialités, tant humaines que physiques, maintenant bien connues et démontrées qu'elle renferme ou cache encore.

Ainsi en a conclu, sans optimisme de circonstance et sans complaisance, le Séminaire sur les "Systèmes traditionnels de l'Agriculture africaine et leur amélioration", tenu à Ibadan en Novembre 1970.

B I B L I O G R A P H I E

La bibliographie a été divisée, pour la facilité des recherches, en quatre sections :

A. Les communications présentées au Séminaire dans l'ordre retenu par les organisateurs pour leur présentation.

B. Les références citées par les auteurs de communications dans l'ordre choisi par ces auteurs.

C. Les ouvrages et publications cités dans la monographie (et ne figurant pas en A et B), dans l'ordre du texte.

D. Des ouvrages et documents généraux de référence (cependant sévèrement triés, compte tenu de l'abondance croissante de la littérature sur les systèmes agricoles en Afrique tropicale).

A - COMMUNICATIONS PRESENTEES AU SEMINAIRE SUR LES SYSTEMES TRADITIONNELS DE L'AGRICULTURE AFRICAINE ET LEUR AMELIORATION (Ibadan, 16-20 Novembre 1970)

- 1 - HANSON, H. (1970).- Une révolution verte pour l'Afrique tropicale dans les années 70 et le rôle du chercheur agronome.
- 2 - ALBRECHT, H.R. (1970).- L'évolution des systèmes de culture de subsistance sous les tropiques.
- 3 - KANWAR, J.S. (1970).- Relations entre systèmes agricoles et écologies aux Indes.
- 4 - CHAMINADE, R. (1970).- Les exigences de l'intensification des systèmes cultureux en Afrique occidentale.
- 5 - GREENLAND, D.J. (1970).- Le maintien de la méthode classique de divagation des cultures ou l'introduction de méthodes nouvelles d'exploitation continue.
- 6 - CHARREAU, C. (1970).- Problèmes posés par la fixation et l'intensification de l'agriculture en zone tropicale sèche.
- 7 - MONNIER, J. et RAMOND, C. (1970).- Etudes de systèmes intensifs de production au Sénégal. Conséquences sur l'évolution des structures d'exploitation.
- 8 - BROCKINGTON, N.R. (1970).- Une approche écologique de la Recherche agricole.
- 9 - TARDIEU, M. (1970).- Tentative dans la fertilisation des cultures associées (Cameroun d'altitude de l'Ouest).
- 10 - NORMAN, D.W. (1970).- Cultures mixtes.
- 11 - ANDREWS, D.J. (1970).- Culture successive et culture intercalaire avec le sorgho à Samaru.
- 12 - BUNTJER, B.J. (1970).- Quelques aspects du système de culture haoussa.
- 13 - THIAM, H. coll. TOURE, R. et POCHIER, G. (1970).- Expériences de modernisation agricole au Sénégal : incidences et portées sociales et évolution du milieu humain
- 14 - HEADY, E.O. (1970).- L'approche système en Recherche agricole.
- 15 - BRADFIELD, R. (1970).- Les systèmes de cultures multiples sous les tropiques.

- 16 - CHABROLIN, R. (1970).- Intensification de l'agriculture par l'irrigation en zone tropicale sèche.
- 17 - MAYER, J. (1970).- Méthode de développement des exploitations dans les hauts plateaux Malagasy (Antsirabé).

B - REFERENCES CITEES PAR LES AUTEURS DES COMMUNICATIONS PRESENTEES
AU SEMINAIRE (dans l'ordre des communications *)

3. 1 - KANWAR, J.S. (1968).- Cropping patterns in India - Scope and prospects. Symposium on cropping pattern organised by ICAR.
3. 2 - KRISHNAN, A. et Mukhtar SINGH (1968).- Agro-climatic and soil zones : Symposium on cropping patterns organised by ICAR.
6. 1 - AUBREVILLE, A. (1949).- Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Soc. d'Ed. Géograph., Mar. et Col., Paris.
6. 2 - BLONDEL, D. (1966).- Premiers éléments sur la dynamique de l'azote dans deux sols du Sénégal. IRAT/Sénégal, doc. miméo., 51 p.
6. 3 - BONFILS, S.P. - CHARREAU, C. et MARA, M. (1972).- Etudes lysimétriques au Sénégal. L'Agro. Trop., XVII, 10, 881-914.
6. 4 - CHARREAU, C. (1969).- Influence des techniques culturales sur le développement du ruissellement et de l'érosion en Casamance. L'Agro. Trop., XXIV, 9, 836-842.
6. 5 - CHARREAU, C. et CHAUVEL, A. (1969).- Compte rendu d'expérimentation sur cases lysimétriques en 1969. IRAT/Sénégal, doc. miméo., 14 p.
6. 6 - CHARREAU, C. et FAUCK, R. (1970).- Mise au point sur l'utilisation agricole des sols de la région de Séfa (Casamance).
6. 7 - CHARREAU, C. et NICOU, R. (1970).- L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest-Africaine et ses incidences agronomiques (d'après les travaux des chercheurs de l'IRAT en Afrique de l'Ouest). Extraits de L'Agro. Trop. 1971, n° 2, 5, 9 et 11, rassemblés dans Bull. n°23.
6. 8 - CHARREAU, C. et SEGUY, L. (1969).- Mesure de l'érosion et du ruissellement à Séfa en 1969. L'Agro. Trop. XXIV, 11, 1055-1097.
6. 9 - CHARREAU, C. et VIDAL, P. (1965).- Influence de l'Acacia albida del. sur le sol, la nutrition minérale et les rendements des mils Pennisetum au Sénégal. L'Agro. Trop. XX, 6-7, 600-625.
6. 10 - COCHEME, J. et FRANQUIN, P. (1967).- Une étude d'agroclimatologie de l'Afrique sèche au Sud du Sahara en Afrique occidentale. Projet conjoint d'Agroclimatologie FAO/UNESCO/OMM : FAO Rome.

* Le premier numéro représente le numéro d'ordre de la communication retenue en A, le second le numéro d'ordre de la citation dans la communication elle même.

6. 11 - COINTEPAS, J.P. (1958).- Bilan des études chimiques et pédologiques entreprises à la Station expérimentale de Séfa. ORSTOM Dakar Rapp. miméo., 110 p.
6. 12 - D'HOORE, J.L. (1964).- La carte des sols d'Afrique au 1/5.000.000e Commission de Coopération Technique en Afrique, Lagos.
6. 13 - DOMMERGUES, Y. (1963).- Les cycles biogéochimiques des éléments minéraux dans les formations tropicales. Bois et Forêts des Tropiques, 87, 9-25.
6. 14 - FOURNIER, F. (1960).- Climat et érosion. Thèse Doct. ès lettres, Paris ; P.U.F., Paris.
6. 15 - HENIN, S. - GRAS, R. et MONNIER, G. (1969).- Le profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. MASSON & Cie, 2ème éd., Paris.
6. 16 - IRHO, (1968).- Synthèse des résultats sur arachide du Sénégal. IRHO, fiche n° 10, doc. mult., 2 p.
6. 17 - JUNG, G. (1966).- Etude de l'influence de l'Acacia albida del. sur les processus microbiologiques dans le sol et sur leurs variations saisonnières. ORSTOM Dakar, doc. miméo., 49 p.
6. 18 - LAUDELOUT, H. (1962).- Dynamique des sols tropicaux et les différents systèmes de jachères. FAO rapp. mult., 125 p. Rome.
6. 19 - NYE, R.H. et GREENLAND, D. J. (1960).- The soil under shifting cultivation. Tech. Com. n°51, Commonwealth Bureau of Soils, HARPENDEN, England.
6. 20 - SIBAND, P. (1970).- Communication verbale.
6. 21 - WISCHMEIER, W.H. (1969).- A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. Soil Sc. Amer. Proc. 23, 246, 49.
7. 1 - MONNIER, J. (1965).- Contribution à l'étude de la traction bovine au Sénégal. Revue Mécanisme agricole Tropical. n° 10 Avril - Juin, n° 11 Juillet - Septembre.
7. 2 - CHARREAU, C. et FAUCK, R. (1965).- Extrait des Etudes sénégalaises 4° 9.
7. 3 - ALTMANN, C. et REBOUL, C. (1967).- Ecriture des contraintes en main d'oeuvre sur une exploitation agricole. INRA.
7. 4 - METGE (1967).- Quelques données agropluviométriques de 16 stations du Sénégal. Aménagement du territoire, Dakar.

7. 5 - TOURTE, R. (1967).- Eléments pour une planification de la Recherche rurale au Sénégal. Doc. miméo., IRAT/Sénégal.
7. 6 - MONNIER, J. (1967).- A propos d'un matériel à traction bovine, premier essai pour une meilleure utilisation de la force des boeufs. IRAT/Sénégal.
7. 7 - Ministère du Plan et du Développement rural du Sénégal (1968).- Propositions générales pour un schéma 1995 d'aménagement du territoire.
7. 8 - MONNIER, J., DANCETTE, C. et MAUBOUSSIN, J.C. (1970).- Production arachidière au Sénégal, premiers éléments pour une explication de ses variations annuelles. IRAT/Sénégal.
7. 9 - RAMOND, C., MONNIER, J., POCHIER, G. et TOURTE, R. (1970).- Application des résultats de la Recherche à la définition de modèles d'exploitation, la démarche de l'IRAT au Sénégal. IRAT/Sénégal.
7. 10 - TOURTE, R. et al. (1971).- Thèmes légers, thèmes lourds, systèmes intensifs. Voies différentes ouvertes au développement agricole du Sénégal. L'Agro. Trop. n°5, Mai 1971.
7. 11 - HENIN, S. et DESFONTAINES, J.P. (1970).- Principe et utilité de l'étude des potentialités agricoles régionales. INRA Paris.
8. 1 - BRENNAN, R.D. (1967).- Programme Reference Manual for 360 CSMP, I.B.M. Application Programme 360-CX-16X.
8. 2 - BRENNAN, R.D., de WIT, C.T., WILLIAMS, W.A. et QUATTRIN, E.V. (1970).- The utility of a digital simulation language for ecological modelling. Oecologia (Berl.) 4, 113.
8. 3 - BROCKINGTON, N.R. (1970).- A simulation model of grass production in relation to water supply. in Ann. Rept Grassland Research Institute, 1969, p. 140.
8. 4 - BROCKINGTON, N.R. (1970).- Herbage Growth. in Proc. of the Agric. Res. Council Symposium on the Use of Models in Agricultural and Biological Research. Ed. J.G.W. Jones, Grassland Research Institute, Hurley, Berks. (in Press).
8. 5 - BROWER, R. et de WIT, C.T. (1969).- A simulation model of plant growth with special attention to root growth and its consequences. in Root Growth, Ed. W.J. Whittington, Agricultural Sciences, Butterworths.
8. 6 - CORRAL, A.J. (1970).- Personal Communication.
8. 7 - DALE, M.B. (1970).- Systems analysis and ecology. Ecol. 51, 2.

8. 8 - GARWOOD, E.A. et WILLIAMS, T.E. (1967).- Soil water use and the growth of a grass sward. *J. agric. Sci. Camb.*, 68, 281.
8. 9 - HEADY, E.O. et WILLIAMS, T.E. (1958).- *Linear Programming Methods*, Iowa State University Press.
8. 10 - JONES, J.G.W. et BROCKINGTON, N.R. (1970).- Intensive grazing systems. in *Systems Analysis in Agricultural Management*. Ed. J.B. Dent and J. Anderson, John Wiley. (in Press)
8. 11 - LARGE, R.V. (1970).- The biological efficiency of meat production in sheep. *Anim. Prod.* 12, 393-401.
8. 12 - PENMAN, H.L. (1963).- *Vegetation and Hydrology*. Techn. Comm. No. 53, Commonwealth Bureau of Soils, Harpenden, Herts.
8. 13 - PUGH, A.L. (1963).- *Dynamo Users manual*, M.I.T. Press.
8. 14 - RADFORD, P.J. (1969).- Systems, Models and Simulation. in *Ann. Rept. Grassland Research Institute*, 1968, p. 77.
8. 15 - SPEDDING, C.R.W. (1969).- The agricultural ecology of grassland *Agric. Prog.* 44, 7-23.
8. 16 - WILLIAMS, T.E. et GARWOOD, E.A. (1962).- in *Ann. Repts. of the Grassland Research Institute*, Hurley, Berks, 1962-64.
8. 17 - WRIGHT, A. et DENT, J.B. (1970).- The application of simulation techniques to the study of grazing systems. *Austral. J. Agric. Econ.* (in Press).
10. 1 - AIYER, A.K.Y.N. (1949).- Mixed cropping in India. *Indian Journal of Agricultural Science.* 19, 439-543.
10. 2 - ANTHONY, K.R.M. et WILLIMOT, S.G. (1957).- Cotton interplanting experiment in SW Sudan. *Empire Journal of Experimental Agriculture.* 25, 29-36.
10. 3 - EVANS, A.C. (1960).- Studies of intercropping : I. Maize or sorghum with groundnuts. *East African Agricultural and Forestry journal.* 26, 1-10.
10. 4 - EVANS, A.C. et SREEDHARAN, A. (1962).- Studies of intercropping : II. Castor bean with groundnuts or soya beans. *East African Agricultural and Forestry Journal.* 28, 7-8.
10. 5 - GEEHTE, R. (1963).- *Agricultural involution*. Davis, University of California.

10. 6 - GRIMES, R.C. (1962).- Intercropping and alternate row cropping of cotton and maize. East African Agricultural and Forestry Journal. 28, 161-163.
10. 7 - MUNRO, J.M. (1960).- Progress reports from experimental stations : Nyasaland, 1958-59. London, Empire Cotton Growing Corporation, 12pp.
10. 8 - NORMAN, D.W. (1967).- An economic study of three villages in Zaria Province : I. Land and Labour relationships. Samaru, Ahmadu Bello University, 84 pp. (Samaru Miscellaneous Paper No. 19).
10. 9 - An economic study of three villages in Zaria Province : II. Input - Output relationships. Samaru, Ahmadu Bello University, 1970. 400 pp. (Samaru Miscellaneous Paper - forthcoming).
10. 10 - PARKER, N. (1969).- Intercropping. Reading, University of Reading, 83 pp. (unpublished).
10. 11 - RUSSELL, E.W. (1961).- Soil conditions and plant growth. London, Longmans, 704 pp.
10. 12 - WARD, R.G. (1965).- Land use and population in Fiji. London, H.M.S.A., 331 pp. (Overseas Research Publication No. 9).
10. 13 - WEBSTER, C.C. et WILSON, P.M. (1966).- Agriculture in the Tropics. London, Longmans, 488 pp.
11. 1 - BODADE, V.N. (1964).- Mixed cropping of groundnut and Jowar. Indian Oilseeds J. 8, N° 4.
11. 2 - EVANS, A.C. (1960).- Studies of Intercropping I - Maize or sorghum with Groundnuts. E. Afr. Agric. for. J. 26, pp. 1-10.
11. 3 - KOLHATKAR, V.Y. (1964).- Unpl. data collected by FAO Zaria, N. Nigeria.
11. 4 - MUNRO, J.M. (1960).- Cotton-maize Interplanting. Progr. Reps. Exp. Stas. Exp. Cott. Gr. Crop. Nyasaland 1958-59, 12 pp.

C - DOCUMENTS CITES DANS LA MONOGRAPHIE ET NE FIGURANT PAS EN A ET B

- 1 - CEPPEDE, M.M. (1973).- Colloque FAO-OCDE sur les échanges mondiaux de produits agricoles et alimentaires. Paris, 28 Février, 1er et 2 Mars 1973.
- 2 - JURION, F. et HENRY, J. (1967).- De l'agriculture itinérante à l'agriculture intensifiée. INEAC *
- 3 - PAN (1969), doyen de la Faculté d'Agriculture de Taipei (Taiwan).- Rapport de mission au Sénégal. FAO.
- 4 - TOURTE, R. (1966).- Premières réflexions sur les liaisons Recherche agronomique - Aménagement du territoire. CNRA Bambey Sénégal.
- 5 - SPEDDING, C.R.W. (1972).- La synthèse de systèmes en agriculture. Revue Fourrages numéro 51.
- 6 - HENIN, P. et DEFFONTAINES, J.P. (1971).- Principe et utilité de l'étude des potentialités agricoles régionales. C.R. des séances de l'Académie d'Agriculture de France, n° 10, Année 1971.
- 7 - MALASSIS, L. (1972).- Séminaire GERDAT d'Economie rurale. ENSAM Montpellier Mai 1972 et publications de la Station d'Economie rurale INRA, Montpellier.
- 8 - MONNIER, J. et TOURTE, R. (1971).- Expériences et perspectives de motorisation ; la motorisation en milieu paysan, pourquoi pas ? Actes du Séminaire Machinisme Ford-IITA-IRAT, Bambey Janvier 1971.
- 9 - ATTONATY, J-M et HAUTCOLAS, J-C (1970).- Du programme linéaire au calcul automatisé d'exploitation agricole. INRA in Bulletin Technique d'Information des Ingénieurs des Services agricoles. Ministère de l'Agriculture, Paris.
- 10 - BOUSSARD, J.M. (1970).- Programmation mathématique et théorie de la production agricole. éd. Cujas, Paris.
- 11 - CORDONNIER, P., CARLES, R. et MARSAL, P. (1970).- Economie de l'entreprise agricole. éd. Cujas, Paris.
- 12 - TOURTE, R. (1963).- Réflexions sur l'assolement. L'exemple de la zone arachide-mil du Sénégal ; in L'Agronomie tropicale, n°2, Février 1963.
- 13 - TOURTE, R. (1965).- Suggestions pour une politique d'application de la Recherche agronomique dans les pays en voie de développement : in L'Agronomie tropicale, n°11, Novembre 1965.

* A souligner que ce remarquable ouvrage possède lui même une riche bibliographie de plus de 500 cents titres que l'on consultera avec beaucoup de profit.

- 14 - TOURTE, R. (1968).- L'agriculture sénégalaise peut-elle préparer la Société industrielle ? Une réponse affirmative de la Recherche agronomique. IRAT/Sénégal.
- 15 - CIMMYT (1969).- The puebla Project 1967-69.
- 16 - CIMMYT (1970).- Strategies for increasing agricultural production on small holdings. International Conference, Puebla, Mexico, Août 1970.

D - QUELQUES OUVRAGES ET DOCUMENTS GÉNÉRAUX DE RÉFÉRENCE NON ENCORE CITÉS *

- 1 - BOSERUP, E. (1965).- The conditions of agricultural growth. Aldine, London.
- 2 - CHEVALIER, A. (1926).- Les principaux systèmes des cultures du globe. Rev. Bot. appl. Agric. Colon. 55, n° 55.
- 3 - CHOMBARDE DE LAUWE, J., POITTEVIN, J. et TIREL, J-C (1967).- Nouvelles gestions des exploitations agricoles, Dunod, Paris.
- 4 - CLARK, C. and HASWELL, M. (1964).- The economics of subsistence agriculture. Mc Millan, London.
- 5 - DUCKHAM, A.N. and MASEFIELD, G.B. (1970).- Farming systems of the world. Chatto and Windus, London.
- 6 - DUMONT, R. (1951).- Etude de quelques économies agraires au Sénégal et en Casamance. Agron. trop. 6, 229 ff.
- 7 - DUMONT, R. (1970).- Paysannerie aux abois.
- 8 - GEORTAY, G. (1956).- Données de base pour la gestion de paysannats de cultures vivrières en région équatoriale forestière. Bull. Inf. I.N.E.A.C. 5, n° 4.
- 9 - PELISSIER, P. (1966).- Les paysans du Sénégal. Imprimerie Fabregue, Saint-Yrieux.
- 10 - PHILLIPS, J. (1959).- Agriculture and ecology in Africa. Faber and Faber, London.
- 11 - PHILLIPS, J. (1961).- The development of agriculture and forestry in the tropics. Faber and Faber, London.
- 12 - PHILLIPS, J. (1964).- Shifting cultivation. in The ecology of man in the tropical environment (I.U.C.N. n° 4). Morges.
- 13 - PORTERES, R. (1952).- Aménagement de l'économie agricole et rurale au Sénégal. Bambe (épuisé).

* On se réferra éventuellement à la remarquable bibliographie établie par RUTHENBERG dans son récent ouvrage : Farming systems in the tropics, cité ici.

- 14 - RUTHENBERG, H. (1967).- Organisationsformen der Bodennutzung und Viehhaltung in den Tropen und Subtropen, dargestellt an ausgewählten Beispielen. In Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern (ed. P. von Blanckenburg and H-D Cremer). Ulmer, Stuttgart.
- 15 - RUTHENBERG, H. (1971).- Farming systems in the tropics. (Clarendon Press, Oxford).
- 16 - TONDEUR, M.G. (1956).- L'agriculture nomade au Congo Belge. Food and Agriculture Organization. Agric. Nomade 1, 15-108.
- 17 - WATERS, R.F. (1971).- L'agriculture itinérante en Amérique latine. FAO.
- 18 - WILDE, J.C. DE (1967).- Experiences with agricultural development in tropical Africa, vols. 1 and 2. Johns Hopkins Press, Baltimore ou Expériences de Développement agricole en Afrique tropicale. Collection Techniques agricoles et Productions tropicales. éd. Maisonneuve et Larose, Paris.