Réseau franco-africain
sur le maïs

Compte-rendu
Séminaire CIO - CIMMYT

7 - 11 juillet 1986

Les systèmes de culture et l'agronomie du maïs

G. ROUANET et C. PIERI

CIRAD-IRAT / INRA / ORSTOM

Séminaire CIMMYT/C.I.O.
Mexico (7-12 juillet 1986)

Les systèmes de culture et l'agronomie du maïs.

G. ROUANET et C. PIERI

Préambule : Deux synthèses séparées avaient initialement été envisagées :

- l'une (thème 41) traitant plus particulièrement des systèmes à faible intrant
- l'autre (thème 51) traitant de l'intensification agronomique en général.

Cette synthèse unique reprend l'ensemble de ces deux points.

Par ailleurs, il a été convenu que divers points relevant de ces thèmes 4 et 5 feraient l'objet d'échange entre le CIO et le CIMMYT lors de la visite organisée dans le Chiapas, les 6 et 7 juillet, par M. HIBON et le programme " d'économie rurale" du CIMMYT.

I - Généralités

A) La culture du maïs en zone tropicale : ses atouts et sa diversité

Très ancienne en Amérique, plus récente (post - 16ème siècle) dans les autres continents, la culture du maïs en région tropicale apparait comme une culture vivrière en phase de croissance qui concurrence les céréales plus anciennement installées en Afrique (blé, sorgho, teff suivant la situation), ou même les racines et tubercules.

Cette situation s'explique pour de nombreuses raisons et notamment par la grande souplesse de cette culture vis à vis :

- de son utilisation alimentaire : en vert ou à maturité, grillé ou bouilli, en farine ou semoule

- de ses débouchés croissant dans l'alimentation animale (volailles, porcs) et l'agroindustrie (Minoteries, brasseries etc...) liés notamment au phénomène d'urbanisation.

- de sa faculté de pouvoir être cultivée à des degrés les plus variés de mécanisation (depuis des systèmes entièrement manuels jusqu'à des systhèmes où toutes les opérations peuvent être intégralement mécanisées)

- des nombreux systèmes de cultures dans lesquels le maïs trouve sa place :
  . en jardins de case
  . de plein champ, en rotation avec le coton, avec d'autres céréales ou avec une légumineuse (soja, arachide)
  . en association avec d'autres cultures, pérennes (café) ou annuelles (ignames, arachide, soja)

- des diverses situations climatiques où cette culture est possible sous les tropiques :

  - en saison pluviale ou à contre saison sous irrigation, en climat à une saison des pluies
  - à chaque petite saison des pluies en régime pluviométrique bimodal
  - des diverses altitudes de la strate tropicale, depuis la zone de basse altitude (forestière, ou de savane soudanienne) jusqu'à des altitudes de 2 000 m.

Il en résulte une diversité considérable de systèmes et de pratiques agronomiques qui méritent un examen cas par cas si l'on veut les comprendre et les améliorer.

Enfin, la situation socio-économique de toute exploitation maïsicole, sans parler des traditions culturelles conditionne aussi largement les pratiques et les voies d'amélioration. C'est ainsi que l'on convient de distinguer en Afrique, de façon très schématique, trois grands types (groupes cibles) de producteurs de maïs :

- le <u>groupe cible 1</u> constitué de paysans peu encadrés, peu spécialisés, dont la production le plus souvent manuelle, vise essentiellement l'autoconsommation. Il s'agit de producteurs faisant peu appel aux intrants ou au crédit.

- <u>le groupe cible 2</u> constitué de paysans plus spécialisés en maïsiculture, encadrés et donc plus perméables aux innovations. Leur production qui s'appuie sur une utilisation limitée d'intrants, vise à la fois l'autoconsommation et le marché local. Ce groupe de producteurs peut accéder au crédit de campagne et au crédit d'équipement (notamment pour la traction animale).

- <u>le groupe cible 3</u> concerne les sociétés, les privés, parfois les coopératives, pratiquant une production intensive, le plus souvent mécanisée, pour l'approvisionnement des villes ou des agroindustries. Ce type de production, en croissance rapide dans certains pays tropicaux dispose de capitaux et d'un encadrement technique qui lui permet de mettre en oeuvre les technologies nouvelles dès que celles-ci sont disponibles.

B) Les <u>contraintes agronomiques par grandes zones écologiques</u>

Quel que soit le système de production, la culture de maïs se heurte sous les tropiques à un certain nombre de contraintes de base, notamment agronomiques que nous pouvons essayer de caractériser. En Afrique, l'examen des chiffres de production souligne la faiblesse générale et parfois la stagnation des rendements (1 T/Ha soit 30% seulement de la moyenne mondiale).

1) Contraintes liées aux sols

En dehors des sols volcaniques récents, en zone d'altitude, et de certains sols alluviaux, la plupart des sols tropicaux présentent d'une façon générale, à un degré variable, des caractéristiques qui sont des limitations évidentes à la maïsiculture :

- faible capacité d'échange, déficience en éléments majeurs (N, P_2O_5, K) et parfois acidité excessive
- faible teneur en matière organique qui dans les sols cultivés est rapidement minéralisée alors que le taux d'humification est faible
- porosité faible, sensibilité élevée à la compaction ce qui entrave, en l'absence de travaux appropriés, le développement racinaire en profondeur et la percolation de l'eau dont une bonne partie ruisselle en surface et favorise l'érosion.

A ces caractères généraux, on peut rajouter :

- la faible capacité de rétention des sols sableux, en zone soudano sahélienne qui aggrave les irrégularités climatiques
- l'engorgement fréquent en sols argileux dans les zones à pluviométrie excédentaire ce qui est particulièrement préjudiciable au maïs.

2) Contraintes liées au climat et à l'environnement biologique

- Limitation des radiations en zone forestière qui limite les rendements potentiels de maïs.
- Agressivité des précipitations (ruissellement, érosion) même en zone globalement déficitaire.
- Excès d'eau par rapport aux besoins, en zone forestière et parfois en zone d'altitude ou de savane.
- Enherbement rapide et agressif notamment en zone de savane, particulièrement en conditions de culture intensives (avec préparation du sol et fumure).
- Parasitisme (champignons, virus, insectes) en culture et après récolte, en particulier en zone forestière.

C) Les techniques de culture : buts et spécificités

1) D'une manière générale, on peut considérer que :

La culture de maïs pose d'abord des problèmes différents de préparation du sol, selon qu'elle intervient à la suite de friche, de jachère ou de cultures. Cette opération culturale vise en premier lieu à assurer, dans les limites du calendrier et à moindre coût les conditions suffisantes à un développement correct de la culture :

- en favorisant la décomposition des adventices et des résidus de récolte
- en créant sur une profondeur suffisante une structure et une porosité adéquate pour permettre à la fois un développement racinaire suffisant et le stockage des eaux des pluies en évitant les pertes dues au ruissellement et les risques d'érosion.

Le semis constitue constitue la 2ème phase culturale : il doit être effectué à une date optimale (pluies suffisamment "installées") avec

des semences adaptées à l'environnement (cycle, maladies, etc...) et aux utilisateurs, avec une densité de peuplement optimale (compte tenu du niveau de radiation solaire, des perspectives de satisfaction hydrique, des autres cultures associées s'il ne s'agit pas de culture pure).

- La protection de la culture, surtout pendant le premier mois, constitue un élément capital à prendre en compte en fonction des données locales qui conditionnent l'importance et la hiérarchie des agressions, en particulier des insectes et des adventices.
- La fertilisation est une opération indispensable quelles que soient les conditions locales, qui a des implications techniques et économiques.
- Le sarclage et le désherbage constituent des opérations également capitales, qui conditionnent parfois, le rendement final et dont l'incidence sur les temps de travaux est parfois un facteur limitant.
- Le séchage des épis et la conservation des épis ou des grains, à l'abri des insectes et des rongeurs constituent avec le problème de l'écoulement des produits un ensemble de préoccupations importantes pour le maïsiculteur.

2) L'examen rapide ci-dessus amène à considérer en définitive que là où la culture du maïs est possible, pour chaque situation, chaque exploitation, chaque parcelle, existe un ou plusieurs itinéraires techniques privilégiés permettant d'obtenir une production de maïs répondant de façon optimale à l'un ou plusieurs des critères de base suivant : rentabilité de la culture, valorisation des heures de travail, productivité/Ha etc... suivant la hiérarchie propre à l'exploitation.

Il relève de l'agriculteur lui-même et des agents d'encadrement de choisir ces itinéraires mais il appartient à la Recherche et la Recherche Développement de mettre au point et de proposer, pour les principales situations écologiques ou économiques, les diverses technologies élémentaires possibles qui constituent le référentiel de base aux itinéraires techniques ultérieurement définis.

C'est à ce travail que s'est appliqué, avec des moyens parfois insuffisants le CIO, notamment en Afrique de l'Ouest et à Madagascar, par des travaux de recherches et des expérimentations en milieu contrôlé ou en milieu réel. Certains de ces travaux (à caractère adaptatif ou appliqué) ont débouché directement sur des propositions d'applications directes ; d'autres, plus "amont" (1) ont facilité les recherches appliquées ultérieures ou ont permis de mettre au point des instruments de diagnostic ou de suivi.

C'est la revue de ces travaux que nous pouvons aborder brièvement maintenant.

II - Principales contributions du C.I.O. (3) en matière agronomique pour la culture de maïs en zone tropicale.

A) Etudes régionales des potentialités et des systèmes de production

1) Sols et climats

Le CIRAD et aussi l'ORSTOM ont contribué depuis plus de 20 ans à la connaissance des sols, des climats et des systèmes agraires de

(1) Notamment l'ORSTOM
(2) Les chiffres entre parenthèses renvoient aux références bibliographiques
(3) CIO C = CIRAD I = INRA O = ORSTOM

la zone intertropicale, notamment en Afrique.

Ces données ont déjà trouvé de nombreuses applications pour le développement de la maïsiculture et pourraient donner lieu à de nouvelles utilisations pratiques.

C'est ainsi que le CIRAD dispose actuellement d'une base informatisée de données climatiques couvrant une grande partie de l'Afrique de l'Ouest. Par ailleurs, suite à des travaux effectués notamment au Sénégal, le CIO rassemble actuellement en diverses situations des informations relatives aux besoins en eau du maïs (ETM). Enfin le CIO a contribué largement, d'une part à la cartographie des sols à petite échelle, d'autre part à l'étude des caractéristiques hydrodynamiques des principaux types de sols qui permettent notamment de connaître avec une précision suffisante, les diverses RU (Réserve Utile), suivant les sols et le type de préparation adopté, applicables au maïs (notion de RUR "Réserve Utile Racinaire" intégrant le concept "RU" et la dynamique d'enracinement du maïs).

Ces diverses données sont déjà appliquées, par exemple dans le bilan hydrique informatisé BIP 4, pour apporter une explication, un suivi ou une prévision sur les relations eau x sol x plante dans le cas d'une culture de maïs, dans la plupart des situations (1).

D'autres paramètres climatiques font l'objet d'investigation et d'interprétations analogues, concernant les effets des excès d'eau (zone forestière), où la faiblesse des radiations en zone forestière et leurs conséquences sur la limitation des rendements de maïs.

2) Les systèmes agraires

L'IRAT et l'ORSTOM ont poursuivi de nombreuses études microéconomiques, au niveau des terroirs ou des microrégions dans lesquelles le maïs constitue souvent une culture importante (Sine Saloum et Casamance au Sénégal - Katiola et Nord Côte d'Ivoire - Mali Sud - Mexique - Brésil etc...).

Ces études permettent de cerner les conditions, différentes dans chaque cas, dans lesquelles se situent la maïsiculture, non seulement au niveau des contraintes techniques mais aussi au niveau des contraintes socio-économiques.

Ces études accompagnées le plus souvent d'expérimentations en milieu réel, permettent une hiérarchisation des problèmes tels qu'ils se posent effectivement chez les agriculteurs, de tester les innovations et d'évaluer la réceptivité de ces producteurs. Elles permettent également de mettre en évidence l'importance relative des contraintes économiques (disponibilité en intrants et en crédits) ou celles en aval de la production (stockage, commercialisation, transformation) qui sont assez mal appréciées par les chercheurs.

De nombreuses études de Recherche-Développement (Burkina Faso - Côte d'Ivoire - Sénégal etc...) ont également permis d'éclairer la problématique d'intensification en montrant l'importance dans ce domaine, de la densité/rurale à l'hectare et l'impact que pouvait avoir l'existence ou non de terres disponibles dans l'attitude des agriculteurs vis à vis de l'adoption de pratiques plus intensives (I-10).

(1) Voir également la synthèse présentée sur le maïs et l'eau du CIO.

Il faut noter que l'accentuation des efforts en Recherche-Développement au cours de la dernière décade de la part du CIO a incontestablement eu pour effet de sortir certains chercheurs de leur isolement, et en définitive d'orienter davantage la recherche appliquée, à court et moyen terme, en fonction des circonstances et des besoins du développement (exemple des travaux sur les phosphates naturels et sur l'utilisation du compost : (II-8 II-6).

B) Etudes et optimisation des facteurs de production

1) Généralités

La plupart des travaux menés depuis 20 ans par le CIO et notamment par le CIRAD se réfèrent à l'élaboration, dans diverses situations, d'un référentiel technique, parfois à caractère "amont", mais le plus souvent directement utilisable par les services d'encadrement agricole.

Il est important de noter que dans cette Recherche, presque toujours, plusieurs facteurs de rendement doivent être conjointement examinés, compte tenu des multiples interactions entre les facteurs.

- Nous n'aborderons pas de façon systématiques les facteurs de production liés directement aux caractéristiques génétiques du matériel végétal (voir les autres synthèses dans ce domaine) bien qu'ici aussi il soit souvent difficile de ne pas les prendre en compte dans l'examen des facteurs agronomiques (ex : efficience vis à vis de l'eau, ou des éléments minéraux, variables selon les variétés ; durée du cycle, résistances aux parasites, variétés à large adaptibilité, variétés stable etc...).

- Nous examinerons seulement les principaux travaux qui ont contribué à l'avancement de trois domaines essentiels de la maïziculture tropicale : le management des sols, le maintien de la fertilité minérale et organique, la culture continue dans des rotations incluant le maïs.

2) Le management des sols

De nombreuses études ont mis en évidence la relation étroite qu'il y a d'une part entre la porosité du sol et l'enracinement du maïs (Nicou, Thirouin, Sénégal - Sefa 1964-1969), d'autre part entre l'enracinement du maïs et rendement en grain (III 13).

L'examen des résultats montre toutefois qu'il existe une certaine confusion apparente, concernant les techniques recommandées de préparation des sols ; même d'un point de vue strictement Technique les contradictions observées tiennent pour beaucoup à la diversité des situations (Sols, climat, systèmes de culture). Il apparait que les solutions proposées loin d'être généralisable, n'ont de validité que dans des limites strictes (III 13).

Selon ces auteurs, l'un des fils directeurs, d'un point de vue technique réside dans l'aptitude naturelle du sol à un bon développement du système racinaire : " les effets du travail du sol sont d'autant plus marqués que l'état initial du sol ne facilite pas cette croissance racinaire", ce qui semble être le cas notamment des sols ferrugineux tropicaux. Lorsque le taux d'argile s'accroît et que le sol présente une structure naturelle satisfaisante, le labour peut être remplacé par des techniques plus économes telles que le pseudo-labour ou le travail minimum sur le rang de semis. Même dans le cas où un travail minimum du sol suffit, le labour peut retrouver sa nécessité au bout de quelques années.

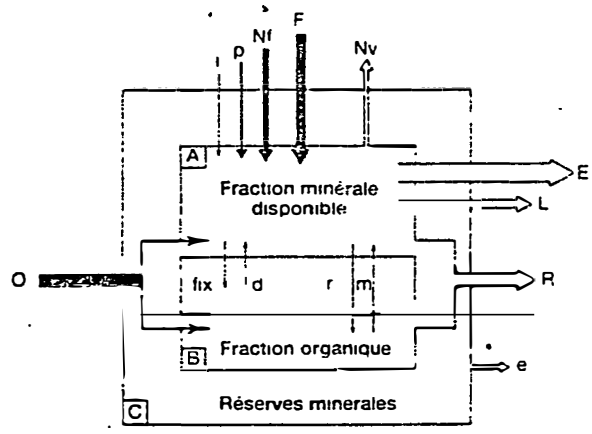
Le labour de fin de cycle, avant la dessiccation et la prise en masse du sol est souvent utile, lorsque le précédent cultural le permet ou derrière une jachère.

Pour ce qui concerne la préparation du lit de semence, ou le buttage, on trouve des résultats variables également d'une situation à une autre. Par contre, le cloisonnement de billons constitue en zone soudano-sahélienne une méthode de lutte contre le ruissellement et la déficience hydrique assez généralement admise.

3) Le maintien de la fertilité minérale et organique

De nombreux chercheurs du CIO (voir notamment bibliographie en annexe du (I-8) se sont efforcés de comprendre les mécanismes qui déterminent la fertilité des sols tropicaux, de l'évaluer et de mettre au point des techniques susceptibles de l'accroître ou de la maintenir.

Le diagnostic de la fertilité minérale et son évolution reposent d'abord sur l'établissement d'un bilan qui prend en compte l'ensemble de toutes ses composantes, ainsi que le montre le schéma ci-dessous (I-8) ce qui est, dans la pratique, parfois délicat à établir.



Entrées

F : apports d engrais mineraux
O : apports organiques par restitutions de residus, fumier, compost, etc.
I : apports par eaux d irrigation, de nappe, d'inondation
p : apports atmospheriques, pluies et poussieres
Nf : fixation biologique de N_2 atmospherique

Sorties

E : exportations minerales par les cultures
L : pertes par lixiviation
R : pertes par erosion et ruissellement
e : pertes par erosion eolienne
Nv : pertes par volatilisation d azote (denitrification, volatilisation ammoniacale...)

Flux internes

d : enrichissement par alteration et dissolution des mineraux du sol
fix : fixation irreversible (P, K) sous forme non assimilable
m : mineralisation de la matiere organique
r : reorganisation

L'auteur souligne (I-8) que la fertilité des sols en zone aride et semi aride reste "largement conditionnée par l'amélioration du statut organique et azoté des sols, par la correction de la déficience phosphorique, et par la mise au point d'une fumure potassique, faisant appel aux apports combinés d'engrais potassique et de résidus de récolte, enfin par la correction des pertes calciques et magnésiennes..."

En zone tropicale humide, l'acidité du sol et la déficience phosphatée constituent des contraintes supplémentaires pour les sols ferrallitiques, au demeurant souvent profonds et dotés d'une structure acceptable. Comme pour les sols précédents, la mise en culture et le travail du sol, accélèrent les phénomènes de minéralisation et posent à court terme le problème du statut organique et azoté. Dans les régions à forte pluviosité s'ajoute, dans le cas de la maïsiculture et de la plupart des cultures annuelles, un risque considérable d'érosion qui exige des mesures particulières et même, à partir d'un certain niveau de risque, l'abandon du travail du sol au profit du contrôle chimique des adventices et même l'abandon de la maïsiculture en culture pure, au profit de cultures associées à des pérennes.

La démarche suivie à l'IRAT dans l'étude pratique de la fertilisation a été la suivante au cours des 2 dernières décades :

- Evaluation des besoins en cours de croissance et des "exportations minérales", fonction évidemment des rendements réels et du type d'exportation (grain seul, ou plante entière) (voir liste bibliographique en annexe de II-5)
- Evaluation (en vases de végétation ou au champ) des déficiences et de leur hiérarchisation qui ont amené dans les années 60 à l'idée de "fumure de redressement" (le diagnostic foliaire est un outil qui peut aider à ces travaux (I-5)
- Evaluation de la "fumure d'entretien" permettant, compte tenu des exportations et des lessivages d'éléments de maintenir au sol sa fertilité chimique, dans le cadre des rotations pratiquées.

L'établissement d'une fumure vulgarisable est en fait beaucoup plus complexe et a fait l'objet de nombreux travaux :

. elle doit tenir compte de l'aspect économique et financier ; certains engrais et amendements ayant un rôle d'investissement compte tenu de leur action à moyen terme
. elle doit rechercher des formules les plus économiques (pour un même apport d'unités fertilisantes), les plus disponibles, et faciles d'emploi par les agriculteurs
. elle doit préciser les modes et périodes d'application les plus efficaces
. elle ne peut être évaluée qu'en interaction avec d'autres facteurs du rendement (variété (II-8) type de préparation du sol, pratiques en cours de culture), de la culture et de sa rotation.

Enfin, pour parvenir à des recommandations adaptées, tout le travail ci-dessus doit procéder d'une démarche itérative associant le travail en station et l'expérimentation en milieu réel. Les pratiques finales soumises à la vulgarisation méritent en tout état de cause d'être diversifiées en fonction des exigences propres aux diverses microrégions et groupes de producteurs et faire l'objet de véritables mises au point définitive en milieu réel.

Divers travaux concernant la mise au point de Techniques visant à l'amélioration et l'entretien de la fertilité des sols pour des systèmes à intrants limités ont été réalisés au cours des dernières années. Elles mettent en évidence par exemple le bénéfice que l'on peut attendre, en maïsiculture tropicale, du compostage des résidus de récolte associée si possible à une légère fumure azotée (II-9 - II-10) ; à l'utilisation des phosphates naturels. (II 17) ; et à l'étroite association entre la maïsiculture et l'élevage.

Nous citerons par exemple certains résultats obtenus à Sefa (Sénégal) (II-8)

Rendement moyen annuel en maïs/grain (q/Ha) sur une période de 5 ans dans une rotation maïs légumineuse

	Sans compost	0,5 T à 1 T/Ha de compost	2,5 T/Ha de compost
Sans apport d'urée	9 quintaux	14	20
avec 100 kg/Ha d'urée avant buttage	-	-	30

En ce qui concerne l'urée, son efficacité peut être largement accrue en localisant son application voire en enfouissant des "supergranules", technique cependant dont le coût de réalisation reste à évaluer.

Depuis plusieurs années l'IRAT participe activement à l'évaluation agronomique des phosphates naturels de l'Afrique de l'Ouest, substituts partiels aux superphosphates importés. Un exemple de ces études, cité en annexe II-7 (Cissé, ISRA 1985) concerne l'efficacité des phosphates de Matam au Sénégal : cette étude souligne l'intérêt de ces phosphates naturels dans la rotation maïs cotonnier sur des sols ferrugineux lessivés : l'effet direct et l'arrière effet (200 kg/Ha de phosphate de Matam) concurrencent parfaitement l'emploi des superphosphates (TSP).

Toutefois, malgré les résultats obtenus dans le domaine de la fertilisation du maïs, (II-5) il est important de noter l'importance faible de l'utilisation d'engrais sur cette culture (I-1) pour les groupes cibles de producteur 1 et même 2, pour des raisons diverses liées d'abord à la faible disponibilité financière des agriculteurs, aux coûts élevés (et croissant) des engrais, de moins en moins subventionnés et parfois à l'absence de centres de distributions proches des agriculteurs.

D'autres raisons, techniques méritent d'être soulignées : divers travaux (II-5)montrent que bien que le maïs réponde très favorablement en conditions normales aux apports de fertilisants : cette réponse devient marginale si les conditions hydriques sont défavorables, surtout en période critique ou si d'autres facteurs de rendement, liés au management de la culture, se trouvent en situation limitante, ce qui est fréquent en condition de maïsiculture "extensive" : enherbement mal contrôlé, compacité excessive du sol, densité ou date de semis trop éloignées de

l'optimum. Le sentiment des agriculteurs de ne pas maitriser ces contraintes (climatiques ou culturales) les incitent à renoncer à une fertilisation jugée trop risquée.

b) La culture continue dans des rotations ou des associations incluant le maïs

Nous avons indiqué plus haut quels étaient les risques et les conditions à remplir pour envisager une culture annuelle continue en zone tropicale comme substitut à la culture itinérante, exigente en surface et en travail.

Depuis 20 ans le CIRAD, ainsi que de nombreuses sociétés de développement (CFDT etc...) ont étudié, dans diverses situations les rotations, ou les associations qui semblaient les plus souhaitables, tant du point de vue biologique (interruption du parasitisme lié à une culture, utilisation des arrière-effets de la fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses, meilleur contrôle des adventices par les alternances de cultures, réduction des éventuelles accumulations de substances phytotoxiques effets de report hydrique etc...) que du point de vue économique (division des risques au niveau de l'assolement, étalement des travaux dans le cadre de l'assolement).

La plupart des expérimentations menées dans de nombreux pays d'Afrique en ce domaine, ont utilisé la méthode dite des "bandes croisées" qui permet d'analyser diverses successions culturales, ou celle des alternances "Base maïs" dans laquelle l'on fait simplement succéder au maïs diverses cultures possibles.

Ces dispositifs ont souvent été conduits à plusieurs niveaux d'intensification, notamment en ce qui concerne la fertilisation minérale.

Nous examinerons quelques résultats obtenus en des situations très différentes au Sénégal, au Bénin et au Cameroun.

Au Sénégal, les principaux travaux ont été conduits dans le Centre Sud et en Casamance sur sols ferrugineux lessivés de 1965 à 1972. Selon M. Nicou (voir référence en annexe), les résultats peuvent être schématisés comme suit :

Culture précédent le maïs	A éviter	A la limite acceptable	conseillé
Jachère	(X)	X	
Arachide			X
Mil		X	
Sorgho	X		
Maïs		X	
Cotonnier			X
Riz pluvial	(X)	X	
Niébé			X

Culture succédant au maïs	A éviter	A la limite acceptable	conseillé
Arachide			X
Mil			X
Sorgho	X		
Maïs		X	
Cotonnier			X
Riz pluvial	X		
Niébé			X

On constate qu'il faut éviter les successions sorgho-maïs et riz-maïs ou maïs suivi de sorgho (ou de riz).

Des résultats très voisins ont été obtenus au Burkina Faso, à l'AVV ainsi qu'au Nord de la Côte d'Ivoire.

- Au Bénin, en zone à deux saisons des pluies à double culture annuelle, un dispositif analogue a été mis en place depuis les années 60 sur des "Terres de barre" (sols ferrallitiques moyennement désaturés). Les résultats obtenus peuvent se résumer comme suit :

- Une même culture ne doit pas être implantée 2 cycles de suite sur la même sole. Même la succession de 2 plantes de la même famille n'est pas souhaitable.

- En outre certaines cultures ont des exigences particulières :

- l'igname doit préférentiellement être cultivé après défrichement
- le cotonnier et l'arachide, en 2ème cycle de pluies
- le riz pluvial en premier cycle.

- Au Cameroun, dans les Hauts plateaux Bamilekés, à forte pluviosité (1.800 mm/an) sur sols volcaniques, la culture pure, dangereuse (érosion) est peu fréquente ; le maïs est le plus souvent cultivé en association :

- entre les rangs de caféiers qui constituent un système efficace contre l'agressivité des pluies.
- en complantation avec des légumineuses et des aracées dont les larges feuilles sont également un élément protecteur du sol.

Divers travaux depuis la fin des années 70 ont porté sur l'association maïs légumineuse (haricot ou soja), soit sur andosol volcanique, soit sur sol ferrallitique complexe.

L'association maïs-légumineuse se révèle bénéfique pour de très nombreux aspects :

- meilleure couverture et protection du sol

- meilleure productivité du système comme conséquence d'une complémentarité dans les exigences des 2 cultures (au niveau de la lumière et des éléments nutritifs) et d'une diminution de la pression parasitaire (1).

L'association maïs-soja peut donner jusqu'à 58% de plus (2) que la culture pure de ces 2 espèces sur une surface équivalente. Ce "sur-rendement" est plus faible dans le cas de l'association maïs-haricot.

Les temps de travaux restent globalement les mêmes qu'en culture pure avec toutefois une diminution des temps de sarclage qui constituent souvent une période de pointe des travaux.

III - Conclusions et actions possibles

En conclusion, les divers travaux menés dans le domaine de la culture continue du maïs montrent que celle-ci est possible dans de nombreux sols tropicaux, sous réserve :

- de pratiquer cette culture dans des sites préférentiels, non soumis à des contraintes excessives et dans des systèmes présentant un minimum d'intensification
- de pratiquer des rotations, ou des associations les plus favorables
- de choisir des pratiques culturales adaptées dans chaque zone permettant une installation suffisante du système racinaire et d'éviter le ruissellement
- d'utiliser des pratiques permettant d'éviter l'érosion et, dans les zones à pluviosité élevée de privilégier les associations culturales
- de renoncer à la maïsiculture en zone à trop forte pluviosité
- d'apporter une fertilisation minérale de restitution (et parfois de redressement)
- de maintenir un niveau suffisant d'azote et de matière organique

Un travail considérable reste à faire dans le domaine agronomique au sens large si l'on veut faire accéder la maïsiculture tropicale aux niveaux de rendement comparable à ceux, des grands pays producteurs de la zone tempérée :

- Un travail d'inventaire reste à poursuivre aussi bien dans le domaine très varié des conditions pédoclimatiques, que dans celui des systèmes agraires au sein desquels les différentes formes de maïsiculture auront à se développer préférentiellement.
- un travail de mise au point des connaissances de base, des outils de diagnostic ou des approches méthodologiques relatifs à la plante à ses parasites et au milieu naturel et humain qui l'environne.
- un travail permanent de constitution d'un référentiel technique ; celui-ci doit être suffisamment précis et varié pour offrir un éventail de technologies élémentaires susceptibles, pour chaque zone, chaque type de maïsiculture de constituer des itinéraires techniques performants et adaptés aux producteurs.

Dans ce dernier domaine, un accent particulier devra être donné à la mise au point de technologies adaptées aux groupes de producteurs les plus démunis qui constituent encore la catégorie la plus importante des

(1) Helminthosporiose Turcicum du maïs - Bactériose et cercosporiose du soja
(2) Pour une densité de 40.000 pieds/Ha de maïs Z 290 et 240.000 pieds/ha de soja.

maïsiculteurs africains. Cela suppose en particulier des méthodes fondées sur une intensification souple, par palliers qui répondent prioritairement aux contraintes telles que les perçoivent les agriculteurs eux-mêmes. L'enrichissement des sols en azote matière organique, le maintien et l'accroissement de la fertilité restent l'un des leviers de la réussite (recyclage des résidus végétaux utilisation de ressources locales).

Ce travail de Recherche ne saurait donc être dissocié des travaux de Recherche-Développement d'une part et des autres recherches notamment celles qui concourrent à l'amélioration et l'adaptation du matériel végétal et la production de semences de base.

Enfin, il manquerait son but si des efforts conséquents n'étaient parallèlement menés dans d'autres domaines, économiques, sociaux et politiques :

- politique de prix aux producteurs, développent du crédit de campagne et à moyen terme
- développement des marchés et des transports vers les centres consommateurs
- recherche de marchés nouveaux (notamment industriels etc...

Dans ce contexte, le CIMMYT et le CIO pourraient utilement examiner la possibilité de réaliser, de façon conjointe ou concertée, des opérations d'inventaire, de Recherche ou de Recherche-Développement, tels que par exemple :

- Séminaires méthodologiques concernant l'approche en milieu réel
- Mise au point et utilisation plus large d'outils de recherche et de développement : bilans minéraux, bilan hydrique (BIP 4), techniques de fertilisation organique et phosphatée à faible intrant
- Zonage de l'Afrique de l'Ouest afin de préciser et de hiérarchiser les zones de production maïsicole préférentielles en s'appuyant sur des paramètres climatiques, pédologiques et sociaux
- Mise au point de systèmes de cultures associées, base maïs en zone forestière à forte pluviométrie.

BIBLIOGRAPHIE

I. - DOCUMENTS GENERAUX

BOUYER S. - L'interaction azote phosphore dans les recherches sur la fertilité des sols tropicaux (Colloque Tananarive, 1967)

CHARREAU C. et ROUANET G. - La technologie est-elle disponible ? Où est-elle mise en oeuvre (6eme symposium Banque Mondiale, janvier 1986)

HAINZELIN E. - Les variétés de maïs recommandés en Côte d'Ivoire

HAINZELIN E. - Fiche technique sur le maïs (IDESSA, 1984)

IRAT ROUANET - Bilan et priorités en matière de recherches maïsicoles à l'IRAT (1985)

LOUE A. - Le maïs in l'Analyse végétale dans le contrôle de l'amélioration des plantes (Technique et Documentation Lavoisier)

MARCHAND J.L. - Les priorités dans les programmes d'amélioration du maïs en Afrique de l'Ouest (BOUAKE, 1984)

MARCHAND J.L. - Le maïs dans le nord de la Côte d'Ivoire (IRAT IDESSA, 1976)

PIERI C. - Bilan minéral des sols cultivés en zone de savane humide de Madagascar et d'Afrique de l'Ouest (IRAT, 1983)

PIERI C. - Bilans minéraux des systèmes de cultures pluviales en zones arides et semi-arides (A.T., 1985)

PIERI C. - Les perspectives d'intensification de la productivité des terres dans les zones de savane intertropicales (IRAT, 1986)

ROUANET G. - Le maïs (Maisonneuse et Larose, 1984)

SUBREVILLE G. - La culture du maïs en Côte d'Ivoire

II. - EAU SOL PLANTE/FERTILITE/EROSION

BLONDEL D., POULAIN J.F. - Premiers résultats sur la réponse du maïs aux éléments principaux de la fumure minérale en moyenne Casamance (1970 Séminaire FORD-IITA-IRAT)

CELTON J., VELLY J., ARRAUDEAU M. - Importance du choix variétal en fonction de la fertilisation (Colloque Tananarive, 1967)

CHABALIER P.F., PICHOT J. - L'utilisation de l'azote-engrais par la culture du maïs en Côte d'Ivoire (Colloque de Colombo, 1978)

CHABALIER P.F. - Evolution de la fertilité d'un sol ferrallitique sous culture continue de maïs en zone forestière de Côte d'Ivoire (1986)

CHAMINADE R. - Aspects agronomiques de la rentabilité de la fertilisation (A.T. 1971)

CISSE L. - Etudes en conditions pluviale et irriguée de l'efficacité agronomique des phosphates de Matam (Mai 1985)

CASTANIE O. - Fertilisation du maïs en zone intertropicale. Contribution de l'IRAT (1986)

GANRY F. - Economie de l'engrais azoté et maintien de la fertilité azotée dans les systèmes maïs - légumineuses (Avril 1986)

GANRY F. - Sources et gestion de l'azote en zone tropicale sèche. Bilan de 15 années (CNRA 1983)

GIGOU J. - Dynamique de l'azote minéral en sol nu et cultivé au Nord Cameroun (Thèse Doctorat USTL, 1981)

LOUE A. - Fertilisation minérale du maïs (Colloque Tananarive, 1967)

PICHOT J., ROCHE P. - Le phosphore dans les sols tropicaux (A.T. 1972)

PICHOT J. - Le bilan de l'azote dans quelques agro-systèmes tropicaux (IRAT, 1983)

PICHOT J., LE BUANEC B., TRUONG B., ASSANVO N'G. - Le phosphore et la nutrition du maïs en sol ferrallitique sur roche basique (A.T. 1978)

PIERI C. - La fumure des céréales de culture sèche au Mali (A.T. 1973)

PIERI C. - Compte rendu de mission à la SIAEB (Gabon) 1980-1983

THIBOUT F., TRAORE M., PIERI C., PICHOT J. - L'utilisation agricole des phosphates naturels de Tilemsi (A.T. 1980)

III. - SYSTEME DE CULTURE

BERGER M., NAULEAU G. - Conditions et incidences du développement de la motorisation intermédiaire dans l'Ouest du Burkina Faso

BIGOT Y. - Fertilisation, labour et espèce cultivée en situation de pluviosité incertaine du centre Côte d'Ivoire : synthèse des résultats de 1967 à 1974 (A.T. 1977)

CHOPART J.L., NICOU R. - Influence du labour sur le développement racinaire de différentes plantes cultivées au Sénégal (A.T. 1976)

CIDT - Diverses publications (notamment CMDT, CIDT) sur le maïs en milieu paysan encadré

DUGUE P. - L'utilisation des voltaphosphates par des pays du Burkina Faso (1982, NP)

FOK Ah Chuen. - Un cas de recherche développement en Afrique de l'Ouest: le projet maïs en zone CMDT, Mali (Public. en projet 1986)

INSAN - CILSS - LOYNET G. - Evaluation variétale maïs - Etude de la stabilité du rendement

KALMS J.M., CHABALIER P.F. - Bilan d'un essai agronomique de longue durée systèmes culturaux de Bouaké - Synthèse de 1967 à 1978 (IDESSA, 1981)

LUCE C.- Bilan concernant les techniques culturales sur maïs au Sénégal (ISRA, 1986)

MARCHAND J.L. - Note sur la rusticité (IRAT, 1984)

MARQUETTE J. - Amélioration de la culture du maïs : cas de la région des plateaux au Togo (A.T. 1985/40-3)

MORANT P. - La culture de maïs de plein champ au Burkina Faso

NICOU R. - Les techniques culturales du maïs en Afrique de l'Ouest (A.T. 1981)

NICOU R. - Synthèse des études sur les techniques culturales du maïs à l'IRAT de 1961 à 1978

SALEZ P. - Bilan de 3 années de recherches sur les sytèmes de culture associée maïs légumineuses au Cameroun (MESRES-IRA)

SAUVAIRE D. - Note sur la rusticité