

CN0100306.
FO11/AS40
CAT

1978 / 2

Doc

PAC/MS
REPUBLIQUE DU SENEGAL
PRIMATURE

DELEGATION GENERALE
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

COMPTE-RENDU-DE STAGE SUR LE MAÏS

du 15.06.77 au 12.09.77 à I.I.T.A. - IBADAN (Nigéria)
du 20.09.77 au 07.12.77 au C.I.M.M.Y.T. Mexico (Mexique)

P.A. CAMARA

C.I.M.M.Y.T. - BAMBEY - S.D.A.	
Date	09/02/78
N°	013801
N° de	
Classe	82/Doc

Janvier 1978

Centre National de Recherches Agronomiques
de BAMBEY

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES

(I. S. R. A.)

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

La récolte mondiale de maïs a établi un record de production avec 320 millions de tonnes. Dans les pays en développement la production de maïs a augmenté de 38 % durant une période de 10 ans tandis que la population a augmenté de 30 % pendant les mêmes années. Cela veut dire que le **fermier** a augmenté assez rapidement sa production pour pouvoir nourrir la nouvelle population et a pu par la même occasion **avoir** de la nourriture en supplément.

Environ la moitié de l'augmentation du maïs dans les pays en développement provient de l'augmentation de la surface cultivée et l'autre moitié provient de l'augmentation de rendements par hectare. Si on se demande comment les pays en développement ont pu ainsi augmenter leurs surfaces de culture de maïs sur des millions d'hectares, la réponse est que de nouvelles terres de **pâturage**, des **déforestation** et le remplacement de certaines cultures **par** le maïs ont servi à **accroître** les surfaces cultivées en maïs,

Ce procédé ne peut continuer aussi longtemps. La nourriture **céréalière** doit provenir d'une importante augmentation de rendement à l'ha et cela demande l'application d'une meilleure technologie au niveau du fermier.

Le tableau ci-après montre que les rendements de maïs dans les pays en développement ont augmenté seulement de 16 % en 10 ans tandis que de son côté la population augmentait de 30 %.

Production de maïs et augmentation de la population 1961-65 à 1971-75

<u>Pays en développement</u>	1961-65	1971-75	% d'augment.
moyenne annuelle de surface en maïs récoltée (millions/ha)	45	53	19
moyenne annuelle de rendement en maïs (kg/ha)	1 132	1 313	16
moyenne annuelle de production de maïs (millions de tonnes)	51	70	38
Population (millions)	1 448*	1 876**	30
<u>Dans le monde</u>			
moyenne annuelle de surfaces cultivées en maïs (millions ha)	100	112	12
moyenne annuelle de rendt en maïs (kg/ha)	2 170	2 749	27
moyenne annuelle de production de maïs (millions de tonnes)	216	308	42
Population (millions)	3 160*	3 831**	21

Source FAO * 1963 ** 1973

Un autre problème est que les pays en développement sont capables de produire 70 millions de tonnes de maïs par an mais ils importent plus ou moins 5 millions de tonnes ce qui montre que le problème de l'utilisation du maïs n'est pas encore résolu.

Je remercie l'U.S.A.I.D. de DAKAR d'avoir bien voulu
prendre en charge mes séjours à I.I.T.A. et au C.I.M.M.Y.T.

Mes remerciements vont également aux Directeurs des
programmes Mals de I.I.T.A. et du C.I.M.M.Y.T. et à tous les
chercheurs avec qui j'ai eu à travailler.

INTERNATIONAL **INSTITUT** OF TROPICAL AGRICULTURE
STAGE DU 15.06.77 AU 12.09.77

A/ - Evaluation et utilisation de plasma germinatif

Dans le but d'élargir la collection du plasma germinatif, des efforts ont été entrepris pour obtenir des matériels de différentes sources. Environ 400 matériels composés de lignées pures, composites, synthétiques et hybrides ont été introduits et testés à I.I.T.A.

Les matériels introduits comprennent 45 lignées pures en provenance de HAWAII et du corn belt (ceinture du maïs) aux USA qui sont des sources de résistance à plusieurs maladies importantes du maïs ; 12 composites et variétés résistants aux borers européens, 5 composites du GUATEMALA utilisables pour la tolérance aux insectes et champignons du stockage et d'autres matériels à haut rendement et à teneur en protéines élevée en provenance du Ghana, Tanzanie, Haute-Volta, Mexico (CIMMYT), Brésil et USA. Toutes ces introductions ont été semées, testées et multipliées par sibbing. Plusieurs matériels intéressants ont été utilisés dans des sous-projets variés tels que la précocité, la résistance aux maladies, aux insectes, la tolérance aux sols acides. Bien que certains matériels en provenance du corn-belt aux USA soient sensibles à la rouille et aux insectes en milieu tropical, certaines entrées se révélèrent très bonnes particulièrement pour le type de plante et le rendement potentiel.

Dans le but de combiner les gènes pour une plante-type qui existe dans le corn-belt avec un besoin d'adaptabilité et de tolérance aux maladies tropicales, ces entrées sélectionnées ont été croisées à des matériels tropicaux à haut rendement en 1976. Au total 223 croisements ont été plantés durant la seconde saison en 1976 et conduits à la génération F2 par sibbing. Les populations en ségrégation ont été mises en place durant la 1ère saison de 1977 et une sélection a été faite pour combiner les caractères désirables de plasma germinatif tropical et corn-belt.

B/ - Plante-type et la performance en faible densité

La hauteur excessive des plantes, l'importance des feuilles sont considérées comme étant les deux importants caractères entrant dans la limitation du rendement des maïs tropicaux. L'architecture de la plante et le haut potentiel de rendement des variétés disponibles actuellement semblent être inefficients pour le paysan africain en milieu tropical qui pratique la polyculture. La réduction de la taille des plantes a été menée en diminuant le nombre de noeuds sous l'épi. Cependant certains éléments ont permis de penser que le nombre de feuilles au-dessous de l'épi pouvait être diminué sans affecter le potentiel de rendement.

Aucune sélection pour la performance en faible densité n'a été entreprise à I.I.T.A. ni dans aucun autre endroit. Cependant à cause de la pratique actuelle des paysans et de la haute technologie des récoltes, les sélectionneurs ont seulement mené les sélections à forte densité. Une sélection a été commencée à faible densité pour une faible hauteur de l'épi, un épi important dans des plantes courtes. Cette approche a permis d'observer que dans le cas de polyculture avec semis à grand écartement de TZPB (Tropical Zaa Planta Baja), la population variait grandement dans la hauteur de la plante et de l'épi, dans la taille de l'épi et dans la productivité.

... beaucoup plus
 Aussi il est apparu dans TZPB/de variabilité génétique qu'on en a réalisé, cette variabilité s'est exprimée phénotypiquement à faible densité. Dans cette population, 100 épis furent sélectionnés sur la base de la faible hauteur de la plante et de l'épi, de la grandeur de l'épi. Ces épis furent plantés durant la seconde saison de 1976 avec un écartement de 75 cm x 90 cm soit 14.800 pieds/ha pour éviter la compétition interplante et pour permettre l'expression maximum du génotype des plantes prises individuellement, Ceci révéla d'intéressants résultats :

1 - La population était extrêmement variable par la hauteur, l'emplacement de l'épi, la production de grains et la structure plante-type. Lorsqu'on permet aux plantes d'exprimer leur potentiel génétique dans un semis à grand écartement, on trouva qu'un grand nombre d'autres ne sont pas satisfaisantes. De plus la variabilité était si grande qu'on peut dire qu'en semant serré, la compétition entre plantes de vigueur différente pouvait être une limitation majeure du rendement.

2 - Il y avait une fréquence élevée de longs pédoncules et la production d'épis secondaires improductifs sur le pédoncule principal.

3 - Une grande incidence du développement improductif de plusieurs pousses sous l'épi principal produit.

4 - Quelques plantes produisirent un grand épi et une expression minimum du deuxième et du troisième épi.

5 - Dans certains cas les plantes produisirent deux bons épis avec une expression minimum de troisième épi.

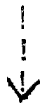
Ainsi on a obtenu une large étendue de types potentiellement différents en terme d'expression hormonale pour le développement de l'épi et beaucoup d'opportunité inexploitée pour l'accumulation de gènes par différents nombres et types d'épis. C'était un intérêt certain que les idéaux avec un ou deux épis aient une faible fréquence. La sélection et les croisements tendent à développer des types avec des expressions différentes des épis sur une faible densité.

C/ - Crible et développement de plantes résistantes aux maladies et aux insectes

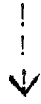
En 1975 l'accent avait été mis sur la manière d'assurer une rapide identification et un développement de plantes résistantes à la virose striée et aux borers Sesamia calamistis et Bussea la fusca

Le système de crible pour la résistance à la virose striée du maïs consiste à cribler un grand nombre de plantes et à réduire les variables de l'inoculation. Le diagramme ci-dessous illustre le schéma actuellement utilisé pour valuer la résistance.:

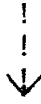
Elevage de cicadelles



Le virus gagne la cicadello qui se nourrit du maïs infecté



Les cicadeles infectées effectuent la transmission sur une série de
plasme germinatif du maïs



On évalue les matériels et on sélectionne les lignées tolérantes et
résistantes



On développe les descendants de matériels par full sib et on les
teste au champ, à I.I.T.A. ou ailleurs.

1/ - Elevage des vecteurs

Les vecteurs *C. triangularis* et *C. mbila* sont élevés sur des
plantes saines de maïs (ex : variété Haute-Volta) dans des cages
comportant trois compartiments adjacents de chacun d'un mètre cube.
Les jeunes plantes de maïs dans un compartiment serviront de lieu
de ponte à une population d'adultes. Après une période de cinq jours
les plantes sont transférées dans un autre compartiment où les oeufs
vont éclore et les nymphes se développer en adultes. Le cycle de
vie est approximativement de 25 jours et la production d'adultes
de six cages et d'environ 10.000 par semaine.

2/ - Acquisition du virose par l'alimentation

Les adultes sont collectés du compartiment d'élevage en
utilisant une pompe aspirante. Les adultes sont introduits dans des
cages individuelles (500 insectes adultes/cage) pour qu'ils se
nourrissent sur des plantes infectées par la virose striée du maïs
pendant 24 à 48 heures.

3/ - Transmission et test de plasme germinatif

Après la période d'acquisition de virose, les insectes
adultes sont relâchés dans une grande cage grillagée (20 x 25 m) où
le matériel à tester est planté sur des lignes de 25 plantes chacune
(écartement 50 x 30 cm). Un témoin de sensibilité (Haute-Volta) est
planté toutes les 10 lignes pour maintenir et assurer le niveau de
transmission de la virulence du virus. Une distribution uniforme
des vecteurs est obtenue en les relâchant à différents endroits de
la cage grillagée. De nouveaux vecteurs en plus sont pris des cages
individuelles et relâchés au taux de 8 par plante âgée de 5 et
10 jours. Une production résiduelle de population de vecteurs est
toujours obtenue dans la cage grillagée. Toute plante qui ne montre
pas de symptôme de virose striée 15 jours après sa germination est
réinfectée. Les dernières sont recouvertes pendant 48 heures de
petites cages contenant 5 vecteurs potentiellement virulents.

4/ - Test et sélection du matériel tolérant

Avec ce système de crible le témoin sensible (Haute-Volta) est complètement détruit 3 semaines après la germination. Tout matériel sensible est enlevé à ce moment et du nouveau matériel est planté à la place. Les plantes tolérantes sont autofécondées pour obtenir des lignées et croisées ensuite pour un début de full-sib. Ce système est simple, précis et efficace. Des sources de résistance ont été trouvées et sont utilisées dans des programmes de sélection.

En 1977 des lignées SI et S2 résistantes ont été bulkées et semées. Après la récolte, un full-sib sera entrepris sur cette population pour l'améliorer. Des lignées résistantes à la virose striée du maïs ont été croisées à 17 composites de diverses provenances.

La sélection de plantes avec différents niveaux de résistance ont été obtenus avec la population TZ yellow. La fréquence de distribution de la réaction du maïs à la virose striée du maïs en deux générations d'autofécondation successive des TZ yellow est résumée ci-dessous :

Tableau 1 : Fréquence de la distribution par la résistance à la virose striée du maïs dans la population TZ yellow et les lignées SI et S2 issues d'elles :

Génération	Total de plantes testées	Taux de sévérité (en % du total)				
		0	1	2	3	4-5
Parent population TZY	480	0	2	5	2	91
lignées S1	1 188	0	7	15	66	12
lignées S2	974	0	22	12	65	0,5

La classification en différents groupes est basée sur une échelle de 0 à 5 pour l'évaluation de la sévérité de la maladie. Les plantes 0-1 sont considérées comme étant hautement résistantes ; 2-3 sont considérées comme moyennement résistantes et 4-5 sont sensibles à hautement sensibles. La classification dans ces groupes est basée sur la fréquence de la virose, l'importance de la surface foliaire atteinte. Le terme résistance est utilisé ici en général mais il a été reconnu que ce qui a été mesuré est la tolérance à l'infection.

Plusieurs lignées SI ont ségrégué en plusieurs classes mais peu d'entre elles avaient une réaction particulièrement uniforme. Une des lignées (Ibadan 32) était uniformément tolérante dans les générations SI et S2. Cette lignée est actuellement utilisée comme parent résistant. Les éléments du tableau 2 montrent la distribution fréquentielle d'un petit nombre de lignées SI pour leur réaction à la virose striée du maïs. Les matériels résistants ayant des grains blancs et jaunes ont été incorporés dans la majorité des populations de maïs et une sélection récurrente pour l'obtention de maïs à haut rendement avec le gène de résistance a été entreprise en 1977.

Entre temps des full-sibs ont été commencés sur des plantes résistantes dans trois populations et ces full-sibs ont été envoyés en essais régionaux en Afrique durant l'année 1977. Les descendants sélectionnés seront utilisés pour créer des variétés utilisables dans les programmes nationaux en Afrique.

Tableau 2 : Distribution de lignées sélectionnées pour leur réaction vis-à-vis de la virose striée du maïs :

Matériel	Généra- tions	Total plantes	Echelle de sévérité (% du total.)				
			0	1	2	3	4-5
TZ yellow 32	SI	32	0	100	0	0	0
TZ yellow 33	SI	32	0	69	0	0	31
La Revolucion-1*	SI	48	0	53	10	29	8
Tuxpeno x I- Longa **	SI	172	0	2	1	2	95
Upper volta (témoin de sensibi- lité)		128	0	0	0	0	100

Source de semences : * IRAT La Réunion - ** Tanzanie.

5/ - Etudes d'héritabilité

Un parent résistant (Ibadan 32) a été croisé à un parent sensible (Upper Volta), la FI et les deux parents furent semés dans une cage grillagée. Toutes les plantes (100) de Ibadan 32 étaient à l'échelle 1 et toutes les plantes (100) de Upper Volta étaient à l'échelle 5. La FI avait pour toutes les plantes (200) l'échelle 3. La FI a été avancée à la génération F2 et a été également croisée aux deux parents pour faire des back-cross 1 et 2. Toutes les 6 générations : P1, P2, FI, F2, BC1 et BC2 avaient été plantées en essai randomisé dans la cage grillagée. Les éléments seront assujettis à une analyse génétique appropriée pour étudier la nature de l'héritabilité de la résistance à la virose striée du maïs, le nombre de gènes gouvernant le caractère et le mode d'action du gène responsable pour la résistance. Des croisements dans les premiers moments montrèrent l'existence d'un gène majeur mais cela doit être confirmé.

Un autre parent, la Revolucion 1 qui a montré plus de tolérance que Ibadan 32 a été croisé à Ibadan 32 et à la FI de Ibadan 32 x Upper Volta. Ce croisement devrait permettre de savoir si les deux sources de gènes ont le ou les même(s) gène(s) de résistance. Si ce sont deux gènes différents et si ils ont des effets génétiques additifs, ils pourraient être recombinaés dans une population pour un haut degré de résistance et de stabilité.

6/ - Les borers de la tige du maïs

Pendant les années 1976 et 1977 des études ont été entreprises concernant l'élevage en masse des borers de la tige. Des populations de Busseola fusca et Sesamia calamistis ont été développées dans des grandes cages grillagées (20 x 25 m) et des tentatives de connaître le régime alimentaire convenable pour l'élevage massal

de ces deux espèces ont été entreprises. L'élevage massale de grandes populations est essentiellement basé sur l'identification de sources de résistances pour pouvoir par la suite incorporer ces gènes de résistance dans un programme de sélection. Aussi des endroits où les infestations naturelles de ces borers sont très importantes ont été identifiées à l'intérieur du Nigéria. Des variétés seront testées dans ces régions pour l'évaluation de leur résistance aux borers.

a/ - Busseola fusca : Des tests de résistance à ce borer sous des conditions contrôlées d'infestation ont débuté en 1976. Une importante population de Busseola fusca fut développée sur une variété sensible dans des cages grillagées (20 x 25 m). Cinquante matériels à tester furent semés de telle sorte que leur germination coïncide avec l'émergence des adultes. Chaque entrée fut plantée en parcelle de 4 lignes de 25 plantes chacune et il a été trouvé que chaque plante fut infestée d'oeufs 25-35 jours après la germination. L'infestation des larves fut très importante avoisinant 12 larves par plante en moyenne et la plupart des plantes furent détruites avant floraison. La sélection des plantes individuelles fut basée sur l'aptitude de la plante à produire un épi sous ces conditions considérées comme une tolérance à ce borer.

Tableau 3 : Nombre de plantes sélectionnées comme tolérantes à Busseola sur les plus résistantes des 50 lignées:

Matériel	Nombre de plantes infestées	Nombre de plantes sélectionnées
TZB	100	11
Ant. x Rep. Rom.	100	4
W.H.E. 02	100	3
Cogollero	100	3
Ant. Sel. Blanca	100	2

Parmi le matériel testé il y avait 6 synthétiques résistants au borer du maïs européen. Ils furent détruits et aucune sélection n'a pu être faite sur eux. Leur sensibilité à la pourriture des semences et les mauvaises conditions de germination ont peut-être influencé leur réaction aux borers aussi un début de croisement avec du matériel adapté aux conditions du milieu a été entrepris pour permettre l'expression des gènes de résistance.

b/ - Sesamia calamistis : Le test de plasma germinatif du maïs pour la résistance à ce borer de la tige a été entrepris à UMUDIKE (Imo State) où de fortes populations de borers existent spécialement d'août à décembre. Un grand nombre de matériels (786) de sources variées surtout en provenance du CIMMYT furent testés. L'infestation fut extrêmement forte 30 jours après la germination et à ce moment 65 % des entrées furent complètement détruites ou sévèrement endommagées. Seulement un faible nombre de matériels a montré un haut degré de tolérance à ce borer et certains avaient également une architecture de plante-type et un bon emplacement de l'épi.

Tableau 4 : matériels sélectionnés sous une forte infestation de Sesamia

Matériel	% de plantes ayant survécu
Tropical Intm. Yellow Flint Dent.Epi 1	63
Mezcla Amarilla x Comp. 1 - Epi 4	65
(Mezcla - Epi Amarilla 1P.B x 8 Mats)x=comp. 1	88
TIYD x Comp.1 x Phil DMR 1,3,5.Epi 5	88
Ant. x Rep. Dom x Comp. 1 -Epi 3	88

Nbre d'entrées : 786 ; nbre de plantes 13.362 ; nbre de survivantes y 1.129.

La sélection de 59 plantes individuelles et le bulk des plantes ayant survécu ont été plantés à la ferme de l'I.I.T.A. pour développer un full-sib entre deux populations de maïs à grains jaunes et blancs. Ces matériels ont été également plantés à Umudike en 1977 et une sélection récurrente a été entreprise sur ces deux populations pour augmenter la fréquence des gènes de résistance à ce borer de la tige. Les plantes individuelles sélectionnées subiront deux générations d'autofécondations pour la création de lignées. Elles seront utilisées pour l'étude du mécanisme de résistance à ce borer.

D/ - Précocité

L'objectif de création de populations précoces tend à obtenir des cultivars qui conviendront à :

- a/ - une deuxième saison des pluies dans la zone forestière
- b/ - une courte saison des pluies dans la zone sahélienne
- c/ - un mélange et/ou un remplacement dans le système de culture du fermier.

Ce projet a été entrepris depuis 1975 en croisant la variété précoce de Haute Volta avec plusieurs autres matériels précoces en provenance de l'Inde, de l'Indonésie, des Philippines, de Mexico et d'Afrique ont été utilisés pour créer des populations précoces. La résistance aux maladies et un rendement saisonnable de quelques 3 à 4 t/ha avec une période de maturité de 90 jours environ sont les objectifs fixes. A partir de plusieurs centaines de full-sibs développés dans la génération F3 dans la première saison de 1976, 200 full-sibs furent sélectionnés et plantés dans la deuxième saison de 1976. Des full-sibs furent également entrepris sur ces descendances sélectionnées. Huit populations ont été développées à partir de ces descendances. Elles ont été plantées durant la saison sèche de 1977 pour l'évaluation du rendement et l'augmentation des semences. Durant l'hivernage 1977 une partie du matériel a été envoyée dans différents pays africains pour y être testée et pourront par la suite entrer dans un programme national et l'autre partie était en essai de rendement et en croisement à I.I.T.A.

Tableau 5 : nombre de full-sibs sélectionnés dans huit populations précoces développées à I.I.T.A.

N°	Pedigree de la population	Nombre de Full-sibs
1	TZ Early 1 Blancos Tropical Precoz x U.V.	27
2	TZ Early 2 Preeoz Blanco Indoncsia x U.V.	17
3	TZ Early 3 Amarillo Tropical Precoz DxU.V.	35
4	TZ Early 4 Amarillo Tropical Precoz FxU.V.	20
5	TZ Early 5 Mez. Am. PB x Phil. DMR x U.V.	16
6	TZ Early 6 Mez. Am. PO x Thai Comp. x U.V.	17
7	TZ Early 7 Indonesia Precas Am x U.V.	30
8	TZ Early 8 Tropical Late white Dent x U.V.	4

Les 15 familles et variétés suivantes qui ont été identifiées comme étant agronomiquement prometteuses ont été semées à partir de leur talon et ont été croisées dans des combinaisons variées.

Tableau 6 : familles et variétés utilisées pour obtenir des F1 précoces

- 1 Am. Trop Precoz FX Phil DMR x U.V. 1 - F.S6
- 2 Mez. Am. PR x Phil DMR x U.V. - 8 F.S4
- 3 IND. Precoz Am x U.V. 1 - F.S3
- 4 IND. Precoz Am. x U.V. - 2 - F.S5
- 5 IND. Precoz Am. x U.V. - 8. F.S6
- 6 WF9 Cms VG x C 103 x Tropical Precoz
- 7 IND, white mixed
- 8 Am. Trop. Precoz D x Phil DMR x U.V. 1 - FS8
- 9 Am. Trop. Precoz F x Phil DMR x U.V. - 3 - F.S2
- 10 IND Precoz Am. x U.V. - 6 - FS5
- 11 WF9 Cms VG x C 103 x Ind. white
- 12 D747
- 13 Indonesio Precoz Am. x U.V. - 5 - FS2
- 14 WF9 Cms VG x C 103 x IND 6
- 15 IND x IN 6.

E/ - Tolérance à l'acidité du sol

Les premiers cribles furent entamés en 1976 sous une forte pluviométrie des sols acides dégradés et le complexe maladie-insecte existant dans cet éco-système à ONNE (c'est l'endroit le plus pluvieux de la zone forestière sous station de I.I.T.A.). Durant la première saison, 400 cultivars de maïs furent semés à 1 ligne/cultivar pour tester la vigueur à la croissance dans des parcelles avec et sans chaux. Plusieurs entrées prometteuses furent sélectionnées

(tableau 7) parmi elles des cultivars locaux qui semblent bien s'adapter aux sols acides et 3 la toxicité alluminique mais possédant plusieurs autres caractères indésirables qui méritent d'être améliorés.

Tableau 7 : cultivars de maïs sélectionnés pour leur tolérance aux sols acides à partir de plasmе germinatif sélectionné à ONNE *

Cultivars	Origine	Cultivars	Origine
ICTA - Br	Guatemala	TZB, TZPB	I.I.T.A.
ICTA - 101	Guatemala	West, Yellow	Nigéria
Col - 1,2,3,4,5	Colombia	Calabar W.	Nigeria
Batan Lote 2,3,4	CIMMYT	Kuru	Nigéria
Mix 1 x Col	CIMMYT	Idomi W	Nigeria
H 652, H 788	Hawaï	Ug e p W	Nigéria
P N M - 1	Zaïre	Lagos w	Nigéria
Katuman i	Kenya	IKOM W	Nigéria

* 400 entrées ont été sélectionnées Pour leur réponse à NPK avec plus ou moins Ca.

Durant la seconde saison des lignées S1 de TZPB et des lignées S2 de TZB furent semées et sélectionnées. De nouveaux matériels furent introduits du Brésil où on trouve des sols fortement acides et des sols ayant un haut degré de toxicité alluminique. Ces matériels furent multipliés à I.I.T.A. et ont été testés en 1977. Toute la collection de I.I.T.A. fut testée pour sa tolérance aux sols acides à ONNE en 1977.

F/ - Création de lignées Pures

Certains pays africains portent un grand intérêt sur l'utilisation de maïs hybride. On reconnaît qu'un grand nombre de paysans continue à faire une agriculture de subsistance et que les variétés composites conviendraient mieux à ces paysans de l'Afrique du l'ouest. Cependant l'utilisation de maïs hybride augmenterait d'une manière certaine les efforts de production de maïs au niveau national. Donc il serait approprié de créer des lignes pures convénables à la fabrication de variétés hybrides de maïs.

Un total de 120 lignées S1 sélectionnées à partir de TZB cycle 5 et un bulk de 27 lignées S2 de TZB cycle 6 furent plantées en 1976 pour fabriquer des lignées S2 et S3. Les plantes sélectionnées furent autofécondées. Toutes les lignées S2 et S3 ont été croisées à deux testeurs et à partir des essais top-cross les lignées ayant une bonne aptitude à la combinaison ont été sélectionnées en 1977. En même temps des lignées originaires de l'Inde, des Philippines de Hawaï et du corn-belt ont été testées et les meilleures lignées seront croisées entre elles et la lignée TZB pour faire des hybrides simples.

G/ - Les populations de la savane et d'altitude moyenne

Un premier crible dans l'utilisation du plasma germinatif est de sélectionner les meilleures populations pour la savane et les zones de moyenne altitude. Une répétition de ELVT 18 en provenance du CIMMYT a consisté en l'expérimentation de 19 variétés avec TZB comme témoin local. Cet essai a été implanté à Mokwa et à Samaru par les coopérateurs. Une répétition de ELVT 19 ayant trait à la haute teneur en protéine du matériel fut également semée aux deux endroits. La variété Tlaltizapan 7322, s'est révélée intéressante car elle a eu un rendement supérieur de plus d'une tonne au rendement de TZB témoin local à Mokwa et plus de deux tonnes au même témoin à Samaru.

H/ - Amélioration des populations

Le programme de sélection récurrente pour l'augmentation de la fréquence de gènes favorables pour l'obtention d'un haut et stable rendement a été en continuation cette année également à l'I.I.T.A. Cette sélection récurrente est pratiquée sur quatre populations : TZB, TZPB, TZ Yellow, TZ opaque. Le test de rendement des lignées S1 à des niveaux de populations différentes a été déterminé dans un essai où la densité de plantation variait comme une fonction continue dans un bloc.

1/ - TZB : Le composite TZB provient du composite NCB qui a été créé à l'Institut National de Recherches sur les céréales à Ibadan. Pendant les quatre premiers cycles de sélection à I.I.T.A., le composite d'origine NCB a été considérablement amélioré. Un autre changement de sa composition est intervenu en 1974 quand les meilleures lignées du composite TZA (qui provient du composite NCA) furent incorporées dans le composite TZB.

160 lignées obtenues durant la saison sèche de 1975 furent mises en essais de rendement pendant la première saison des pluies en 1976. Ces essais comportaient deux répétitions à Ibadan, à Ilorin en Tanzanie et une répétition à Ikenne, au Nigéria. Les parcelles d'essai à Ibadan et Ikenne furent plantées avec des densités variant comme une fonction continue de 20.000 à 120.000 pieds/ha. Durant la même saison, ces 160 lignées S1 furent semées dans des blocs séparés et les plantes sélectionnées furent autofécondées pour produire des lignées S2.

La sélection des lignées S1 était basée sur les rendements, la hauteur et la qualité de l'épi, la tolérance aux insectes et aux maladies. Sur la base de toutes ces qualités, 27 lignées S1 furent sélectionnées. Les lignées S2 obtenues à partir de S1 furent semées durant la seconde saison de 1976 en recombinaison. Les épis sélectionnés à partir de ce croisement furent semés durant la saison sèche de 1977 pour créer de nouvelles lignées S1 qui constitueront le début du 7^e cycle de sélection. Le bulk des épis recombinés et sélectionnés pour leur calibre seront utilisés comme TZB (S1) C6 et pourront être utilisés dans des programmes nationaux.

2/ - TZPB : Le composite TZPB a été créé pour satisfaire le besoin d'une variété plante-type pas très haute qui résiste à la verse et convenable pour une polyculture. Les épis S2 sélectionnés à partir des blocs en recombinaison furent plantés épi à la ligne durant la seconde saison de 1976 par une autofécondation. Les plantes

SI sélectionnées furent semées durant la saison sèche pour augmenter les semences Par sibbing. Ces semences ont été utilisées en 1977 en essai dans plusieurs endroits et dans des situations de stress.

3/ - TZ yellow : Le composite TZ yellow a été créé avec les mêmes objectifs que pour TZPB à partir des sélections faites Par la CIMMYT sur planta baja yellow. Le second cycle de sélection du composite TZ yellow a débuté en 1975 et les épis sélectionnés en blocs de croisements furent semés épi à la ligne durant la première saison de 1976. Les plantes sélectionnées furent autofécondées. Les épis SI sélectionnés furent semés pour un sibbing afin d'augmenter la semence. Durant 1977 un test multilocal et international a été fait sur ces lignées SI.

4/ - TZ opaque 2 : Les composites TZA et TZB furent convertis en version opaque 2 (haute teneur en lysine) par 3 back crosses en 1972. D'autres matériels identifiés dans des essais du CIMMYT furent également ajoutés à ce composite. L'objectif est de créer un composite à haut rendement, avec un endosperme dur acceptable, ayant aussi une haute teneur en lysine et de bonne qualité, ce composite doit s'adapter dans les basses terres tropicales. Un troisième cycle de sélection récurrente avec utilisation de la méthode S1 modifiée a été utilisée en 1976. Des lignées tolérantes à la virose striée du maïs et des épis sélectionnés à partir du CIMMYT IPTT 40 furent ajoutés en mélange au premier composite.

Les épis sélectionnés ont été bulkés pour une nouvelle recombinaison. Les plantes sélectionnées sur la base du rendement et d'autres caractères de la plante et de l'épi ont été plantées durant la 1ère saison de 1977 pour une autofécondation qui débutera un nouveau cycle de sélection.

II - INTERACTION PLANTE-ENVIRONNEMENT

A/ - Interaction plante-environnement biologique : Maladies en général

Les principales maladies dans la zone de I.I.T.A. sont la rouille et la nielle. La virose striée du maïs peut être sévère mais non localisée. Curvularia et les autres maladies des feuilles se rencontrent spécialement en zone forestière. La nielle des feuilles du Nord se rencontrent sporadiquement à l'I.I.T.A. mais est plus commune dans la zone de savane au Nord du pays et en haute altitude. A I.I.T.A., la pourriture de la tige y sévit également de même que la pourriture des épis qui affecte le rendement. Une maladie qui est un flétrissement causé par Rhizoctonia et également rencontrée durant les périodes humides spécialement dans les parcelles avec mulching. L'incidence du mildiou a été remarquée pour la première fois en 1975 à OWO et au nord de Ondo state mais pas encore dans la région de Ibadan.

Une maladie de type bactérien causée par Pseudomonas sp a été constatée pour la première fois en 1975 et est réapparue en 1976 à I.I.T.A. mais aucune trace n'en a été trouvée au niveau du paysan. Des symptômes viraux nettement différents de la virose striée du maïs, mais avec une faible fréquence ont été remarqués à I.I.T.A. et dans les champs des paysans. L'identité de ce virus est complètement inconnue.

Une maladie intéressante a été remarquée au Nigeria, en Côte d'Ivoire et en Tanzanie, cette maladie est caractérisée par un développement de plusieurs épis avortés en feuilles et parfois une coloration rouge ou mauve et une sénescence précoce des feuilles. Ces symptômes font penser à une maladie du rabougrissement qui sévit en Amérique et qui est causée par un mycoplasme. Avec les symptômes de cette nouvelle maladie trouvée en Afrique aucun grain n'est produit et la maladie est une curiosité au Nigeria à cause de sa faible fréquence. Une autre maladie a été remarquée en Tanzanie avec des symptômes ressemblant à un flétrissement tardif causée par *Cephalosporium* sp. la maladie la plus sérieuse en Egypte mais inconnue actuellement en Tanzanie.

L'importance des maladies à I.I.T.A. varie selon les saisons et les endroits et seulement deux principales maladies ont amené les généticiens à sélectionner des résistances. Ces maladies des basses terres sont la rouille (*Puccinia polysora*) et des taches (*Helminthosporium maydis*). Aussi des techniques spéciales et différents emplacements sont nécessaires pour créer des résistances à plusieurs maladies qui sont préoccupantes des différents écosystèmes de maïs en Afrique. A partir de 1976 des efforts ont été entrepris pour créer des résistances à trois maladies *H. truncatum* à JOS, la pourriture de la tige et la virose striée.

1/ - La virose striée du maïs: Estimation : Les estimations de l'importance de la virose ont été entreprises à Ibadan, Ifé, Ilora (Oyo state), Akure (Ondo state) et Umudiké (Imo state) pour déterminer l'incidence de la maladie. Des échantillons d'herbes ont été prélevés dans ces zones pour déterminer de possibles réservoirs à virus : la virose striée du maïs a été trouvée très spécifique des sites et même dans une zone en général des variations de 0 à 70 % d'attaques sont remarquées chez des variétés. On a trouvé quatre genres d'herbes porteuses de virus mais avant tout l'identité du virus et les relations hôte-parasite sont nécessaires d'être connues avant une étude directe d'épidémiologie.

Tableau 10 : Incidence de la virose striée sur maïs et sur herbes avec symptômes de la virose dans plusieurs localisations au Nigeria

Lieu	Nombre de sites	% chez maïs	Herbes avec symptômes ressemblant à la virose
Ibadan	10	0-50	<u>Eleusine</u> , <u>Anoxopus</u> , <u>Digitaria</u>
Akure	5	8-70	<u>Anoxopus</u>
Ilora	12	0-65	<u>Digitaria</u>
Ifé	3	2-30	<u>Leptochloa</u> , <u>Anoxopus</u>
Umudiké	2	0-5	néant

a/ - Insectes vecteurs : Les Cicadulina collectés à Akure et Ibadan furent identifiés comme étant C. mbila Naude, C. triangula et C. similis china par J. Decming, IAR, Samru. Les Gomphes espèces sont bien connues comme étant des vecteurs de la virose striée du maïs mais les deux autres espèces n'ont jamais été

présentées comme étant des vecteurs. La majorité des spécimens collectés (90 %) était C. trianquila. Cette espèce constitue la majeure partie de la sélection des populations utilisées dans les études de résistance plante-hôte.

Les effets de plusieurs herbes sur la reproduction de C. trianquila furent examinés en détail dans le but de déterminer quel hôte sert à maintenir les populations de Cicadulina quand le maïs n'est pas semé. Les résultats présentés dans le tableau 1: indiquent que le maïs est l'hôte le plus approprié, mais les herbes Eleusine indica et Bracharia lata sont également des hôtes pour cette espèce et peuvent servir de réservoirs de vecteurs. Anoxopus compressus qui ne convient pas aux vecteurs est intéressante par le fait que cette herbe est la plus importante dans les champs des paysans et présente fréquemment des symptômes ressemblant à la virose. Son inconvénient comme refuge de C. trianquila ne concerne peut-être que cette espèce seulement mais jusqu'à présent on ne sait pas si d'autres espèces de Cicadulina ne se reproduisent pas dessus.

Tableau 11 : aptitude du maïs et de différentes herbes à servir d'hôtes à Cicadulina trianquila mesurée par l'augmentation de la population de 40 adultes en 4 semaines.

Espèces	adultes	nymphes	Total
<u>Zea mays</u>	1 127	1 217	2 344
<u>Eleusine indica</u>	625	191	816
<u>Bracharia lata</u>	215	217	432
<u>Setaria barbata</u>	37	72	109
<u>Anoxopus compressus</u>	0	0	0

b/ - Effets du virus sur la croissance ; la hauteur de la plante est mesurée chaque semaine et prise comme indice de l'effet du virus sur la croissance et la sévérité de l'infection et notée à la floraison. A tous les stades de croissance, on a remarqué l'effet de la virose. Si l'infection se produit tôt à 5 jours, on obtient 82 % des plants qui meurent. Si l'infection est tardive l'élongation des entre-nœuds cesse ou est grandement retardée. Le rendement grain par plante (table 12) est affecté par le virus à tous les stades de croissance, la réduction du rendement devient plus sévère avec la précocité de l'infection.

Tableau 12 : croissance et rendement de maïs infecté par la virose striée à différents stades du développement de la Plante.

Stade d'inoculation	Taux d'infection*	% de plantes en survie	% de production d'épi	Moyenne du poids des épis en g	% de la dépression du rendt.
5	4,8	13	13	21	98
15	4,3	100	50	40	86
25	4,0	100	100	23	311
35	4,0	100	125	47	59
Témoin	0	100	110	129	0

* taux de sévérité de l'infection au stade floraison.

III

INTERACTIONS PLANTE - ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

A/ - Interactions rendement génotype - environnement :

Les résultats de l'essai variétal de maïs en Afrique de-Puis 1967 ont montré que les rendements de maïs dans la savane guinéenne sont supérieurs que ceux de la forêt. Ces différences sont considérées étant dues à la combinaison de facteurs biologiques défavorables dans la zone forestière avec leur grande incidence de maladies et d'insectes, et des différences environnementales physiques spécialement une faible intensité lumineuse en zone forestière. Des différences de températures également peuvent avoir un effet. Un essai fut conduit au Nigeria avec 12 cultivars de maïs pour tester chaque plante individuellement pour la réponse physiologique aux environnements de Ikenne, Ibadan, Mokwa et Samaru représentant une latitude allant de 6 à 11° N.

La moyenne de tous les cultivars a indiqué une chute progressive de rendement quand la latitude diminue sauf dans l'essai à Mokwa qui a été sévèrement affecté par le stress d'eau accidentel à cet endroit. Quelques cultivars eurent des performances différentes à différents endroits indiquant ainsi une interaction spécifique cultivar-lieu.

Agronomiquement la baisse de rendement dans la zone forestière à Ikenne était due à la verse.

Tableau 16 : Interaction rendement - lieu pour du maïs de la forêt humide à la zone de savane au Nigeria en 1976.

Lieux	Moyenna de rendt (t/ha)	Poids de grains/ épi	Grains/ épi	Poids de 1000 grains (g)	Nbre de d'épis/ 100 pltes.	% de pltes sur pied
Ikanne (6°)	3,5	88	397	259	71	49
Ibadan (7°)	5,2	115	460	248	75	70
Mokwa (9°)	3,1*	47*	334%	140*	72*	91*
Samaru (11°)	8,5	128	493	228	74	87

* sécheresse à la floraison.

Cette baisse de rendement était due en partie à des attaques de borers et de la pourriture de la tige. Il y eut également de la verse mécanique causée par la haute taille et à la minceur des plantes ayant également un haut emplacement de l'épi.

La production de matière sèche et de grains par plante fut examinée en plusieurs sites dans des parcelles n'ayant pas eu de verse. On a remarqué que la matière sèche totale diminue avec la baisse de latitude allant de 1 240 g à Samaru 3 940 g par plante à Ikenne. Il y eut également une diminution progressive de la production de grains par Plante suivant la latitude. La diminution progressive de la production de grains par plante avec la latitude fut attribuée à la diminution progressive du nombre de grains. Cette diminution était due pour la plupart au faible nombre de grains par ligne avec une réduction faible dans le nombre de rangs par épi allant en moyenne de 15 à Samaru ou 13,8 à Ikenne.

B/ - Les effets de l'intensité de la lumière sur la croissance et la production de grains.

Un composant majeur dans le rendement physiologique du maïs est le nombre de grains par plante qui est affecté par la quantité de radiation et sa distribution dans l'environnement. Sous des conditions de faible densité de semis comme chez le paysan, la perte du nombre de grains par Plante n'est pas compensée pour le grand nombre de plantes par unité de surface comme chez des paysans appliquant la haute technologie.

La relation entre la radiation reçue et la production de maïs continue d'être étudiée (en coopération avec l'agroclimatologiste) sur les deux cultivars TZB et TZPB.)

Des expérimentations furent menées à la fin de 1976 pour étudier l'influence de la lumière reçue par l'épi per se sur le développement du grain. Différentes intensités de lumière furent conduites suivant deux voies :

1/ - Par un ombrage artificiel de l'épi après fécondation des plantes semées à grand écartement (1 m x 1 m) pour réduire la lumière reçue par l'épi de 33,66 et 100 % des épis non recouverts.

2/ - En augmentant naturellement la lumière reçue par les épis (et inévitablement la totalité de la plante) en réduisant la densité de semis de 50 cm x 50 cm à 1 m x 1 m au moment de l'épiaison de 50 % des plantes. Les changements de lumière et de température autour de l'épi furent mesurés. Le nombre de grains, le rendement en grains et la répartition de la matière sèche dans l'épi et dans les parties végétatives en fonction de la lumière reçue ont été étudiés. Les taux d'hydrates de carbone dans les plantes durant le développement de l'épi furent également déterminés.

L'analyse détaillée de l'expérimentation n'est pas encore terminée mais des indications peuvent être données sur l'effet des traitements. A faible densité d'une population de maïs, une grande proportion des plantes produit des soies sur deux, trois ou plusieurs épis aux nœuds de la tige. De même que le pédoncule des épis se développe à l'intérieur du premier et du second nœud de la tige. Dans l'expérience de couverture artificielle, seulement le premier épi est recouvert et la fécondation des autres épis est empêchée. Il n'y a pas d'effet d'ombrage sur le développement du grain. Le rendement de grains par plante est similaire, il n'est pas fonction du taux de couverture. Cependant en supprimant le développement des autres épis, la réponse potentielle du premier épi due à la couverture est non significative.

Au contraire la deuxième expérience montra le rôle de la lumière dans le développement de l'épi. Les plantes dans le traitement de réduction de densité produisirent un plus grand nombre de soies par épi et des nœuds portant un épi et un plus grand nombre de graines par plante. Le dernier effet est causé par un plus grand nombre de fleurettes disponibles pour la fécondation et partiellement moins d'avortements des grains durant leur remplissage.

C/ - Comparaison de l'efficacité des plantes chez des maïs prolifiques et non prolifiques

Des expériences antérieures avaient montré qu'une certaine proportion de maïs du cultivar TZPB semé à une densité relativement faible produisait deux épis. Cette proportion varie avec la pression de la population d'un géotype donné et l'environnement physique durant l'initiation de l'épi et la floraison. La population TZPB fut plantée 75 x 75 cm (soit 17.780 pieds/ha) et les plantes ayant un ou deux épis de même précocité et de hauteur uniforme furent sélectionnées. Des échantillons furent prélevés pour l'étude de la distribution de matière sèche durant le développement de l'épi en même temps les échantillons indiquèrent une supériorité de 42 % en rendement par plante en faveur des plantes prolifiques. En plus quoiqu'elles aient à peu près la même hauteur, les plantes à deux épis eurent de plus grandes feuilles et de matière sèche des tiges que celles avec un seul épi. Indépendamment de l'expression de base, la proportion de grains par rapport aux autres parties de la plante (tableau 18) fut pourtant supérieure chez des plantes prolifiques du remplissage à la maturité.

*plus

Tableau 18 : Comparaison de la distribution de matière sèche chez les plantes prolifiques et non prolifiques de la population TZPB

JRF	G/F		G/T		G/MS	
	1	2	1	2	1	2
	m	m				
7	0,13	0,20	0,06	0,08	0,003	0,034
12	0,38	0,57	0,16	0,26	0,07	0,10
17	1,09	1,33	0,47	0,59	1,61	1,89
27	2,05	2,48	0,56	1,15	2,75	3,11
55	3,17	3,73	1,00	1,69	3,34	4,01

JAF = jours après fécondation ; G = grains ; F = feuilles ;
 T = tige ; MS = total de matière sèche
 1 et 2 : nombre d'épis par plante.

Une grande partie de l'augmentation de la matière sèche chez les plantes à deux épis s'est retrouvée dans les épis. On peut admettre que la plupart du transfert des hydrates de carbone s'est effectué de la tige aux grains chez les plantes prolifiques.

Ce qui est intéressant c'est que plus de 50 % de la population produisent deux épis à faible densité de semis. Une étude d'hérédité de ce caractère et de l'évolution d'une population adaptée à une grande efficacité de la plante a montré une augmentation du potentiel du rendement particulièrement à faible densité et dans des situations de cultures associées. Il reste à étudier si une population prolifique est plus ou moins stable qu'un matériel portant un épi à forte densité.

D/ - Les effets de la température sur la croissance et le rendement du maïs

La température est un facteur environnemental qui diffère selon qu'on est en zone forestière, de savane, ou de moyenne altitude.

Des études dans des conditions d'environnements contrôlés furent menées pour tester les effets des différentes températures de jour et de nuit comme paramètre variable de la croissance et du rendement du maïs.

Des expériences antérieures sur des maïs de basse et de moyenne altitude, on a trouvé qu'il n'y avait pas de différence dans l'émergence et le développement de la feuille à des températures diverses de 34 et 24° mais la baisse de température nocturne (18°) réduisait la croissance de la feuille. La croissance du germe montra les mêmes effets.

Des cultivars de maïs de différents cycles (pioneer X 3065 de 115 jours et Haute-Volta de 80 jours) furent semés dans des pots en conditions naturelles et transférés à trois températures différentes pour des nuits de 12 h à partir de l'initiation florale jusqu'à la floraison. Avec la variété Haute-Volta, la taille du grain n'a pas été affectée par la température nocturne la plus basse

durant l'initiation mais une augmentation dans le nombre de grains Par épi s'est manifestée par un plus grand nombre de rangs. En plus du retard de la floraison à des températures nocturnes basses, on a remarqué également l'allongement du nombre de jours nécessaires à la maturité physiologique et du retard dans le temps de remplissage de la graine (tableaux 19 et 20).

Tableau 19 : Effet de différentes températures nocturnes appliquées entre l'initiation florale et la floraison.

	Haute Volta			PX306B		
	Températures noctur.			Températures noctur.		
	30°	24°	18°	30°	24°	18°
Feuilles/jour	0,56	0,53	0,47	0,56	0,48	0,44
Date épiaison mâle	30	30	33	42	43	47
Date épiaison femelle	37	37	44	51	52	53
Date de maturité	67	72	78	82	89	90
Durée de remplissage	30	135	134	131	37	37

Tableau 20 : Effet de différentes températures nocturnes appliquées entre l'initiation florale et la fécondation.

	Haute-Volta			P x 306B		
	Températures nocturnes			Températures nocturnes		
	30°	24°	18°	30°	24°	18°
Nbre de grains/épi	351	374	383	395	404	426
Nbre de rangs	11,7	12,9	13,2	12,9	13,0	13,3
Nbre de grains/rang	30,0	29,1	29,0	30,6	31,8	32,0
Poids de grains/épis	65,5	72,9	71,4	96,2	82,0	86,6
Poids de 130 graines	20,0	22,0	20,8	25,0	26,6	22,2
grain/jour (g)	21,8	2,08	2,10	3,10	2,22	2,32

Pour le cultivar Pioner on a remarqué aussi la même augmentation dans le nombre de grains par épi à des basses températures nocturnes durant l'initiation mais la taille de la graine diminue et en conséquence le poids de grains par épi tend à diminuer avec la température. Le retard de floraison n'a pas été remarqué comme dans le cas du cultivar Haute Volta, par contre le même phénomène pour le remplissage grain a été observé.

E/ - Comparaisons de la croissance des plantes dans des sols;
acides et

Des expériences ont été entreprises en 1976 à la station centrale de Ibadan et à Onne (sous-station). Des lignées sélectionnées ont servi de matériels à cette étude. Des études pour la croissance furent menées dans des sols avec et sans fumure pour voir le degré de vigueur de différents cultivars. Les cultivars Columbia 5 et Katurnnni 1 se montrant vigoureux dans les sols avec fumure et déficients en calcium. Au contraire TZPB montra de la vigueur seulement dans les sols avec fumure.

Une étude complémentaire avec 40 entrées en provenance du CIMMYT montrèrent une faible variabilité dans des sols acides. Des expériences vont être menées avec des matériels identifiés aux USA comme des gènes spécifiques de tolérance à la toxicité alluminique.

Le post crible du plasma germinatif à I.I.T.A. dans des sols acides à l'avantage de tester la réaction des génotypes dans des sols acides comme un simple facteur en l'absence des autres facteurs environnants qu'on retrouve à Onne.

F/ - Essais de fumure et de densité dans trois écosystèmes

Les composants physiologiques du rendement furent mesurés dans 3 essais comparatifs de maïs ayant une bonne réponse à la fumure et à des densités faible et moyenne (25.000 et 50.000 pieds/ha) dans une écologie forestière (Ikenno) de transition forêt-savane (I.I.T.A.) et de savanes guinéenne (Shaki).

A Shaki une sévère sécheresse affecta la croissance des plantes et leur rendement. Il n'y eut pas de réponse à l'azote dans aucun des endroits ayant servi aux essais, Ce qui indique clairement que tenter de déterminer les exigences de fumure et de pratiques agronomiques pour différentes zones écologiques ne peut être réellement conduit dans des stations de recherche où les cultivars antérieurs laissent des résidus de fumure. Quelques expérimentations pourraient être menées dans des champs de paysans qui représentent réellement les agro-écosystèmes.

CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ ,Y TRIGO

STAGE DU 20.09.77 AU 07.12.77

ORGANISATION DU DEPARTEMENT MAIS AU CIMMYT

L'amélioration du maïs commence avec l'évaluation systématique du matériel de plasma germinatif et des nouveaux stocks on provenance de n'importe quelle partie du monde.

Les premières phases d'amélioration appelées "BACK-UP STAGES" incluent l'introduction de matériel, l'évaluation des accessions de la banque et la formation, le développement et l'amélioration initiale de larges pools de gènes. Ces stades primaires donnent naissance à des familles qui seront mieux améliorées dans les stades avancés. Quelques meilleures familles peuvent devenir des populations avancées ou être recombinées avec d'autres populations disponibles. Un raffinement ultérieur pour le système de test de descendance et de sélection donnent une information sur la productivité des variétés expérimentales. Quelques lunes de ces variétés expérimentales après test dans plusieurs endroits sont identifiées comme étant des variétés dites expérimentales élites qui seront à leur tour testées dans des programmes nationaux à l'intention des paysans. Dans les stades primaires de sélection, le nouveau matériel qui est soit inconnu soit connu pour des caractères désirables est reçu et testé. Les accessions de la banque de gènes y sont également incorporées. Le matériel du stade avancé peut également être combiné avec l'un et l'autre de même qu'avec les entrées nouvellement identifiées puis testées.

Dans les stades avancés, les générations recombinées du plasma germinatif sont utilisées en bulk ou en sélection épi à la ligne modifiée. D'importantes populations sont semées en vue de l'utilisation des caractères qualitatifs et la sélection est menée soit alternativement soit simultanément dans deux ou plusieurs environnements différents. A tous les stades de développement la sélection fait appel à toutes les disciplines. Pour la plupart le matériel de premier stade est semé dans les stations du CIMMYT à Mexico.

Le programme de sélection des stades avancés a deux importants buts : la sélection de matériels dans divers environnements pour créer des variétés à large adaptabilité et la distribution de matériels à partir des essais pour introduire systématiquement du matériel spécifique dans des zones où il pourra servir. L'identification de meilleures familles dans différents endroits suivie par la recombinaison systématique en cycles successifs font que les populations deviennent mieux adaptées.

Les éléments obtenus à partir des essais internationaux sont basés sur les critères de sélection des familles qui seront utilisées pour produire de nouvelles descendance au cycle suivant et fournir les informations nécessaires pour la création de variétés expérimentales. En retour le test des variétés expérimentales procure l'information nécessaire à la fabrication de variétés expérimentales élites.

Les variétés élites sont retournées au pool de premiers stades et de stades avancés. Pour améliorer leur performance, Puis le test multilocal des matériels qui est fait dans des environnements clés permet d'améliorer le matériel brut pour en faire des variétés à large adaptabilité et à haut rendement.

Les stades avancés sont un mécanisme pour une distribution rapide et systématique de matériels améliorés destinés aux programmes nationaux. La séquence de combinaisons de caractères désirables, de procédures de sélection, de choix, la structure de sélection et le procédé de distribution sont destinés à servir de programmes nationaux.

1 - BANQUE DE GENES

La banque de gènes du maïs a pour rôle de préserver la variabilité existant dans les espèces ZEA MAYS L et les genres apparentés. C'est essentiellement une activité qui dispense des semences et des informations non seulement au programme mais du CIMMYT mais à tous les programmes à travers le monde. Elle collecte et emmagasine les semences dans des conditions favorables pour le maintien de la variabilité, la renouvellement du stock des semences, les obtentions et les évaluations pour une utilisation potentielle en sélection ; elle propose également des catalogues, distribue des semences et des informations qui intéressent les divers programmes.

Chaque année le matériel germinatif brut arrivant au CIMMYT ou existant à la banque est testé et le meilleur matériel est ajouté aux pools des premiers stades. De même que les meilleures descendances dans les premiers stades passent aux stades avancés.

Caractéristiques agroclimatiques considérées dans la classification des pools de gènes :

Fertilité	Altitude (m)	Latitude	Températ.	Nbre de jours de floraison	Durée du cycle (jours)
<u>Terres basses tropicales</u>					
précoce	0-1600	0-30° N-S	25-28°C	jusqu'à 50	Environ 80
intermédiaire	0-1600	0-30° N-S	25-28°C	50-60	" 100
tardif	0-1600	0-30° N-S	25-28°C	60	" 120
<u>Terres hautes tropic.</u>					
précoce	1600	0-30° N-S	15-17°C	jusqu'à 70	Environ 120
intermédiaire	1600	0-30° N-S	15-17°C	70-95	" 160
tardif	1600	0-30° N-S	15-17°C	95-120	" 240
<u>Subtropical tempéré</u>					
précoce	0-1600	30-40° N-S	20-22°C	Jusqu'à 60	Environ 120
intermédiaire	0-1600	30-40° N-S	20-22°C	60-75	" 150

Plus de 2 000 matériels nouvellement arrivés à Mexico en provenance des programmes nationaux furent plantés dans des pépinières d'observation durant 1976. Les meilleurs ont été transférés dans les pools des premiers stades en 1977. Une petite quantité va être améliorée dans des pépinières de sélection avant d'être incorporée dans les pools. Les nouveaux matériels sont spécialement sélectionnés pour leur précocité et leur résistance aux maladies et aux insectes.

En été 1976, 278 matériels tropicaux précoces sont parvenus à la banque et furent testés en 3 sites : POZARRICA, TLALTIZAPAN, OBREGON, dans le but d'identifier le matériel à large adaptabilité qui pourrait être ajouté aux pools de gènes du matériel tropical précoce. Cinquante accessions furent choisies sur la base de leur performance dans les sites. En 1977, ces matériels étaient en sélection dans les pépinières de sélection avant d'être incorporés dans les pools.

Pour augmenter le niveau des pools tropicaux précoces pour le rendement, la résistance à la verse, la résistance aux maladies et aux insectes, ils furent croisés en 1975 avec un amalgame de familles des populations avancées. Les meilleurs descendants précoces de ces croisements furent sélectionnés à partir des F2 en 1976 et utilisés pour la reconstitution des pools tropicaux précoces.

Quatre pools de gènes des régions tempérées furent améliorés en 1976 par recombinaison de lignées, hybrides et variétés à partir d'une base génétique large en provenance de plusieurs zones tempérées. Les quatre pools sont constitués de matériels tempérés précoces, blanc denté, tempéré précoces jaunes flint, tempéré précoces jaunes dentés, tempéré intermédiaire blanc flint.

Tous les pools des premiers stades furent semés en 1976 dans le but de les améliorer pour une large adaptabilité, des pools tropicaux furent plantés en deux sites (POZARRICA, OBREGON), les pools tempérés en 3 sites (POZARRICA, TLALTIZAPAN, OBREGON) et les pools des hautes terres en deux sites (EL BATAN, TOLUCA). Les meilleures familles furent identifiées à chaque site par une équipe interdisciplinaire. Le procédé fut répété à plusieurs stades de développement de la plante. Finalement les meilleures plantes furent étiquetées à chaque site parmi les meilleures familles à tous les sites.

À la récolte les meilleurs épis furent choisis parmi les plantes sélectionnées pour chaque pool et chaque site pour reconstituer le pool. Des exceptions ont été faites : les épis trouvés très supérieurs dans un seul site furent conservés pour fournir des recombinaisons supérieures ultérieurement. Cette procédure devrait fournir une rapide approche pour une large adaptabilité sans toutefois sacrifier l'adaptation spécifique à un site.

Les 12.000 plasmes germinatifs de la banque de gènes du CIMMYT proviennent de 46 pays dont la plupart a été collectée par le Ministère de l'Agriculture du Mexique durant les années 1940 à 1950. Plus de 90 % de la collection sont composés des espèces ZEA MAYS L. La collection contient aussi quelques parentés à ZEA MAYS L. qui sont ZEA MEXICANA, ZEA PERENNIS et des espèces de TRIPSACUM (apparenté au maïs). La banque de gènes est contenue dans une chambre froide en permanence à 0°C. Il y a environ 18.000 bocaux métalliques étiquetés de capacité de 2 à 4 litres contenant 40 tonnes de semences. Ils sont classés à la manière des bibliothèques. Les mêmes semences de la collection du CIMMYT (à raison de 500 g par plume germinatif) sont déposées pour une longue durée au Laboratoire national de stockage des semences aux Etats-Unis.

II - PREMIERS STADES DE SELECTION (BAC!:-UP STAGES)

Le développement de pools de gènes de maïs est une première condition pour sélectionner des variétés avec de multiples caractères désirables telles que la résistance à la majorité des maladies, la réaction aux niveaux optimums d'humidité, la réponse aux fumures, la résistance aux températures extrêmes et la sensibilité à la longueur du jour.

Le rôle des premiers stades dans le programme du maïs est de développer et d'améliorer continuellement des séries de pools variétaux. Le matériel génétique de qualité supérieure est envoyé dans les différents pools des stades avancés. Le nombre de pools est constant mais le matériel qui compose ces pools change constamment. Cette évolution se fait par l'introduction systématique de nouveaux plasmes germinatifs et pour la sélection de caractères désirables.

Les pools sont appelés à servir trois zones écologiques : tropical-subtropical, hautes terres, basses terres. A l'intérieur de chacun; de ces zones les pools vont être caractérisés par leur maturité générale, leur texture et leur coloration de grains.

Les 12 pools tropicaux sont basés sur trois groupes de maturité : (tardif, intermédiaire, précoce), deux textures de grains (Lisse et denté) et deux colorations de grains (blanc et jaune).

Les pools des hautes terres sont basés sur les mêmes paramètres généraux que les pools tropicaux mais il y a une caractéristique additionnelle qui est floury (farineux), type requis pour les groupes précoces, intermédiaires, ce qui fait un total de 14 pools.

Huit pools forment le groupe des tempérés basés sur deux types de maturité (précoce et intermédiaire) et les mêmes couleurs et textures décrites dans les pools tropicaux.

Chaque pool est constitué d'un noyau plus une série de donneurs qui y sont continuellement introduits à partir de la banque de gènes et des programmes nationaux à travers le monde.

Après que des niveaux pratiques de racombinaison soient atteints (trois à six générations de pollinisation libre avec une sélection pas trop sévère) le noyau du pool est constitué on se basant sur l'identification visuelle des meilleures plantes conformes A l'écologie générale, la maturité, et le type de grains requis dans ce pool. Plusieurs des matériels qui ont joué un rôle dans le développement du noyau sont actuellement dans les populations des stades avancés. Un noyau est formé d'environ 250 familles half sib. Ces familles vont subir une sélection durant la saison pluvieuse dans trois à quatre endroits à Mexico et en dehors de Mexico si le désir s'en fait sentir. Un essai avec répétition est conduit dans tous les endroits couplés d'une répétition pour les pépinières de maladies, d'insectes, de forte densité dans une ou deux localités qui vont fournir les informations utilisables en sélection. La source du pollen dans le système half-sib provient de plantes issues d'un mélange à part égale de semence provenant des familles sélectionnées.

Un bloc de croisements ou de recombinaisons est simultanément établi durant la contra-saison et les donneurschoisis sont croisés avec la noyau. Quelques donneurs sont placés dans le pool comme femelles et sont pollinisés par le noyau du pool mais leur pollen ne contribue pas à la fécondation. L'utilisation des nouvelles entrées comme donneuses croisées du noyau dépend de l'objectif spécifique du croisement. Le croisement peut-être avancé par sibbing et la sélection est faite sur le croisement qui fait subir plusieurs back-crosses avec le noyau du pool ou une alternance de sibbing et de back-crosses peut-être utilisé. Durant les phases de back-crosses ou de sibbing, le croisement est constamment évalué pour une contribution potentielle au noyau. Si le croisement est bon, il est mélangé au noyau. Ce processus de mélange contrôlé permet l'incorporation d'une nouvelle variabilité génétique et de caractéristiques désirables dans le noyau sans risque de contamination du noyau par des donneurs non éprouvés.

Ainsi le pool a un noyau recevant à chaque cycle du nouveau matériel de donneurs qui sont à des stades variés de sélection allant des FI à des générations avancées de croisements et de back-crosses. Il subira par la suite une sélection dans les familles half-sib.

A chaque cycle de sélection un petit nombre des meilleures familles est identifié dans chaque pool. Les plantes provenant des talons dans ces meilleures familles sont croisées avec celles des populations appropriées dans les stades avancés. Cette incorporation de familles des premiers stades aux populations des stades avancés représente le pont génétique entre les deux principaux stades.

Les premiers stades et les stades avancés ne sont pas des entités physiques séparées bien qu'ils aient deux stades conceptuels à l'intérieur d'un seul procédé pour une description aisée et une utilité fonctionnelle. Le terme "pool" désigne les matériels dans les stades initiaux d'amélioration et le terme "population" est donné à des stades avancés.

pools génétiques dans les premiers stades de sélection.

N°	Pools	Endroits ou le pool est en sélection
<u>Pools des Hautes terres</u>		
1	Hautes terres précoce blanc dur	El Batan - Toluca
2	Hautes terres précoce blanc denté	"
3	" " farineux	"
4	" " jaune dur	"
5	" " denté	"
6	" intermédiaire blanc dur	"
7	" " denté	"
8	" " blanc farineux	"
9	" " jaune dur	"
10	" " denté	"
11	" tardif blanc dur	El Batan
12	" " denté	"
13	" " jaune dur	"
14	" " denté	"
<u>Pools tropicaux</u>		
15	Tropical précoce blanc dur	POZA-RICA
16	" " denté	"
17	" " jaune dur	"
18	" " denté	"
19	" Interm. blanc dur	"
20	" " denté	"
21	" " jaune dur	"
22	" " denté	"
23	" tardif blanc dur	"
24	" " denté	"
25	" " jaune dur	"
26	" " denté	"
<u>Pools tempérés</u>		
27	Tempéré précoce blanc dur	TLALTIZAPAN
28	" " denté	"
29	" " jaune dur	"
30	" " denté	"
31	" Interm. blanc dur	"
32	" " denté	"
33	" " jaune dur	"
34	" " denté	"

Les stades avancés du programme de sélection sont constitués par une distribution continuelle et systématique de plantes sélectionnées qui peuvent être utilisées soit directement soit indirectement par les programmes nationaux. L'identification de familles supérieures à partir de chaque population avancée dans différents environnements, suivie par une recombinaison systématique contribue à créer des variétés expérimentales à large adaptabilité.

Trois phases distinctes forment le test international et la distribution des matériels :

- premièrement les variétés expérimentales existantes sont testées pour identifier celles qui sont bonnes pour un site donné,
- deuxièmement après identification, les descendances des populations avancées représentant ces variétés expérimentales sont testées,
- troisièmement les meilleurs descendants sélectionnés de n'importe quel test sont recombinés pour en faire une meilleure variété expérimentale. Ces décisions sont prises en accord avec les programmes nationaux et régionaux qui voudraient utiliser ces variétés pour la production.

Pour standardiser les procédures, les populations dans les stades avancés sont utilisées en pools de 250 full-sibs chacune. Puis les essais sont disposés en carres 16 x 16 avec deux répétitions conduits simultanément à 6 différents endroits dans différents Pays incluant 1 essai à la Station du CIMMYT à Mexico.

Au CIMMYT à Mexico deux répétitions sont utilisées pour la comparaison des rendements et une répétition pour les maladies, les insectes, la forte densité. Quand c'est possible des inoculations sont faites avec des souches de bactéries, champignons, virus provoquant les maladies des feuilles, des tiges, des épis aussi bien que des infestations par les insectes. Ensuite des études agronomiques et de protection des plantes contribuent à améliorer les populations comme une part intégrante du programme.

Les full-sibs et leurs croisements réciproques assurent les quantités adéquates de semences qui vont être utilisées pour cette approche. Les full-sibs sont obtenus par pollinisation réciproque de plantes individuelles faite à la main des 25 à 50 % des familles sélectionnées (plantées avec les talons du cycle précédent. Les plantes sélectionnées dans chaque famille sont croisées réciproquement avec les plantes des autres familles). De ces pollinisations 100 graines vont servir de réserve pour fabriquer les variétés expérimentales, 25 graines sont utilisées pour les futures générations de full-sibs, 25 graines pour les tests de résistance aux insectes, 35 graines pour les essais de forte densité et le reste pour les essais de rendement jusqu'à 6 endroits dans différents pays.

Les populations avancées ont été affectées du nombre 21 parmi les 48 constituant le code du programme maïs (les nombres de 1 à 20 sont réservés pour les essais expérimentaux variétaux, les tests des entrées de la banque etc...). Au début les générations sont obtenues à Mexico durant l'hiver (décembre - avril) et plantées en essais pendant l'été si bien qu'un cycle de sélection est complété chaque année. En plus, plusieurs populations sont utilisées en saisons alternées dans l'année pour fournir du plasma germinatif dans l'hémisphère Sud.

Les populations avancées sont celles qui sont relativement uniformes (si bien que les meilleures familles d'une population peuvent être utilisées comme variété) et elles sont distribuées dans plusieurs pays en même temps.

Après les résultats des essais, les variétés expérimentales peuvent être sélectionnées et assez de semences fabriquées pour être semées dans environ 25 endroits en parcelle de 4 lignes de 5 m de long et avec 4 répétitions à chaque site.

Ainsi le test permet plus de précisions dans les comparaisons de variétés expérimentales et aussi d'identifier une ou plusieurs variétés expérimentales élites pour chaque site : basé sur quelques tests variétaux, un site donné peut sélectionner une variété expérimentale élite à partir d'une population différente de celle qui avait été utilisée comme test de descendance, tandis que d'autres sites peuvent choisir des familles de populations qu'ils n'ont pas testées et ce choix sera basé sur la performance des essais des variétés expérimentales.

En contre saison les talons des variétés expérimentales sont plantés dans les stations du CIMMYT pour l'augmentation de la semence. Les meilleures variétés sorties du test vont contribuer à l'identification des variétés expérimentales élites. Ces variétés élites seront testées au cycle suivant dans 100 à 125 endroits à travers le monde.

Finalement les variétés expérimentales élites peuvent être classées en vue d'être utilisées comme variétés commerciales à des sites spécifiques et être améliorées par des programmes nationaux.

Le paysan sera l'ultime utilisateur des variétés améliorées, un test approprié doit être fait dans les champs des paysans pour sélectionner les meilleures variétés et ceux-ci devant participer à ces décisions.

Le stade suivant sera d'augmenter les semences des variétés expérimentales élites pour être données aux paysans dans 5 programmes nationaux. Cinq autres alternatives pour l'utilisation de plasma germinatif amélioré pour les programmes nationaux sont possibles:

1/ - Utilisation directe en bulkant simplement toutes les familles d'une population convenable et en les multipliant comme variété.

2/ - Un petit nombre des meilleures familles d'une population peut être choisi et introduit dans une variété expérimentale en utilisant des réserves de semence pour la multiplier.

Potentiellement une variété expérimentale pourrait dériver des 10 meilleurs descendants puisqu'ils sont testés dans différents endroits, plus une variété additionnelle basée sur la moyenne de la performance de ses descendants dans tous les sites qui ont servi dans les tests. Normalement une telle procédure produirait sept variétés expérimentales à partir d'une population testée dans 6 endroits.

3/ - Si une ou plusieurs familles dans une population sont suffisamment productives pour être considérées comme des hybrides, ces hybrides peuvent être immédiatement développés à partir des réserves de semences des familles parentales.

4/ - Quand un ou plusieurs essais sont conduits, les meilleures familles de chaque essai peuvent être identifiées et mises en croisement hybrides de populations à partir des réserves de semences.

5/ - Une ou plusieurs variétés sélectionnées localement peuvent être ajoutées au pool de combinaisons potentielles comme des croisements variétaux des matériels basés sur des familles sélectionnées, ou des combinaisons hybrides.

En 1976 le CIMMYT a envoyé des semences de maïs pour des essais dans 59 pays et en 1977 dans 62 pays. Le nombre des essais augmente d'année en année : ils étaient 300 en 1975 ; 500 en 1976 et un peu plus en 1977. Les essais de 1976 comportaient 205 essais de variétés élités, 219 essais de variétés expérimentales et 85 essais de descendance.

A/ - Essais variétés élités 1976

L'année 1976 était le début pour le CIMMYT d'envoyer des variétés élités. Trois années avaient été nécessaires pour pouvoir rassembler les 30 variétés élités distribuées aux collaborateurs en 1976.

Un essai le n° 18 composé de 17 variétés élités convenant aux basses terres des tropiques, chaque variété ayant une protéine "normale". Ces variétés furent testées dans 50 pays avec les meilleures variétés et hybrides locaux.

Dans 28 des 31 pays qui ont donné leurs résultats, les meilleures variétés élités avaient dépassé en rendement les témoins y compris les hybrides. La supériorité des élités allait de 10 à 31 %. Les meilleures élités égalisèrent ou dépassèrent les témoins en précocité, la résistance aux maladies et à la verse, et furent moins hautes.

L'essai élité n° 20 contenait 6 variétés élités pour les régions tempérées et sub-tropicales. Ces variétés furent testées dans 28 pays. Parmi les 14 premiers pays ayant donné leurs résultats, un de l'Afrique de l'Ouest a trouvé que la meilleure variété élitée dépassa tous les témoins de 50 % et 10 des 14 endroits trouvèrent que les meilleures variétés élités avaient dépassé tous les témoins.

B/ - Essais de variétés expérimentales en 1976

Un total de 219 essais de variétés expérimentales furent distribués en avril 1976 à des collaborateurs de 49 pays. Chaque collaborateur devrait utiliser comme témoins les meilleurs hybrides ou variétés de son pays et d'envoyer ensuite les résultats. 32 pays donnèrent les résultats de leurs essais. Les résultats furent similaires à ceux des essais des variétés élites. Approximativement 80 % des sites trouvèrent que les variétés expérimentales dépassaient tous leurs témoins d'une marge allant de 10 à 20 %. Il est intéressant de noter que les variétés expérimentales améliorées à partir des résultats des essais dans un pays avaient de bonnes performances dans les autres pays.

A partir des variétés expérimentales de 1976, à peu près 20 variétés élites furent sélectionnées et furent envoyées à un plus grand nombre de collaborateurs pour 1977.

C/ - Essais de descendance internationaux 1976

Pour la 3e année, les essais de descendance (semences obtenues à partir des meilleurs épis dans les populations avancées) furent envoyés aux collaborateurs dans 85 endroits. Chaque collaborateur reçoit 250 descendants des populations avancées à être testés en présence des meilleures variétés locales comme témoins. Chaque collaborateur devrait choisir les 10 meilleurs descendants les critères de sélection incluant le rendement, la faible hauteur des plantes, la précocité, la résistance à plusieurs maladies et à la verse. Les 10 meilleurs descendants de chaque site furent croisés au CIMMYT à Mexico durant l'hiver 1976-77 pour créer une variété expérimentale qui est testée par un grand nombre de collaborateurs en 1977.

Ces variétés expérimentales en 1977 devraient être performantes si l'on se réfère aux 10 descendants à partir desquels elles ont été créées. Par exemple 30 % des collaborateurs qui menèrent les essais en 1976 trouvèrent que la moyenne de rendement des 10 meilleurs descendants était significativement meilleure que la moyenne des témoins locaux. La supériorité en rendement des descendants était généralement de 20 %. Les hybrides commerciaux étaient utilisés comme témoin dans plusieurs essais. Les meilleurs descendants étaient généralement plus précoces de 1 à 4 fois, plus courts et légèrement meilleurs pour la résistance aux maladies et à la verse. Ces traits devraient apparaître dans les variétés expérimentales de 1977.

D/ - Essais internationaux de 1977

La liste de distribution pour les essais de 1977 et d'environ 500 incluant 85 essais de descendance, 208 essais de variétés expérimentales et 180 essais de variétés élites.

Au début de 1977 les populations de maïs furent divisées en deux groupes dont un produira des semences pour le test international chaque année.

Les résultats des essais n'étaient pas encore parvenus au CIMMYT au moment où je terminais mon stage.

Le CIMMYT travaille maintenant sur cinq projets spéciaux : pour une maturité raccourcie, une réduction de la taille, une large adaptabilité, une tolérance à la sécheresse, une plante efficace pour les tropiques.

A/ - Raccourcissement de la maturité

Plusieurs pays tropicaux cherchent des variétés de maïs qui mûrissent tôt et qui nonviennent à leurs saisons pluvieuses ou une séquence de cultures convenables (par exemple la rotation des trois cultures riz-ris-maïs en une année dans l'Asie du Sud-Est).

Plus d'une approche a été essayée pour créer des populations très précoces. Sans l'une d'elles, la précocité a été obtenue en rassemblant les maïs de cycle court dans toute la zone tropicale du monde et en croisant certains d'entre eux pendant un certain nombre de générations et en sélectionnant les descendants sur une précocité et un bon rendement.

Une population qui a été créée de cette façon est une combinaison de 3 maïs venant d'endroits très différents :

1/ - du matériel Indonésien avec un cycle de 80 à 85 jours en Indonésie.

2/ - Du maïs provenant des Guajira indiens dans le Nord-Est de la Colombie ayant un cycle de 80 jours en Colombie.

3/ - Un maïs des terres basses du Honduras-Nicaragua dont la floraison a lieu 40 jours après le semis et le cycle total de la plante de 72 à 80 jours.

Après deux années de croisement au CIMMYT, cette mixture Indonésie - Colombie - Honduras fut récoltée à moins de 90 jours à Poza Rica et montra un bon type de plante.

Une deuxième approche pour la réduction du cycle a été plus lente : en mélangeant des maïs précoces des terres basses des tropiques avec du matériel précoce des hautes latitudes ou des hautes élévations. D'excellents matériels de contre-saison sont actuellement utilisables dans les régions tempérées des Etats-Unis, du Canada et d'ailleurs mais ils sont vulnérables aux maladies tropicales et on devrait leur inclure des gènes de résistance avant qu'ils ne contribuent d'une manière satisfaisante à la création d'une variété tropicale. Il est possible dans un temps plus ou moins long que le matériel tropical x tempéré produise de bons résultats.

Une troisième approche concerne le croisement entre le type tropical précoce avec l'intermédiaire et le type tropical tardif qui est une longue procédure de sélection graduelle pour la précocité sur le mélange en ségrégation.

B/ - La réduction de la taille de la plante

Pendant 13 générations ayant débuté en 1968, le CIMMYT a raccourci des variétés tropicales de maïs 4 1,5 m'ce qui correspond à peu près à la hauteur des maïs du "corn belt". Un projet spécial est actuellement en cours qui consiste à faire de la sélection pour réduire la taille des plantes afin de déterminer jusqu'où le procédé de raccourcissement de la taille peut aller sans affecter le rendement et pour voir ce qu'il en résulte pour les autres caractères et à la fin de 1978 les chercheurs pourront donner leurs conclusions sur ce travail.

Aussi loin que peut aller le raccourcissement de la taille, les chances de versos sont également réduites et les plantes courtes obtenues tolèrent ainsi mieux les fortes densités de population, ce qui constitue un gain.

C/ - La large adaptabilité

En 1977 le CIMMYT a fait son 10^e cycle' de croisement dans une population de maïs sous plusieurs climats (par exemple le Nord du Canada, le Brésil équatorial et le Sud de l'Argentine). Dix ans avant des matériels de climat froid ne marchaient pas dans les terres basses des tropiques et vice versa, à cause de la différence de la longueur du jour, de températures et de maladies. Pendant l'hiver 1976-77, des sélections de ce mélange semées au Canada, en Colombie, en Hongrie et en Afrique du Sud, étaient recombinaées à Mexico pour un autre test international. La sélection pour une grande adaptabilité continue.

Le CIMMYT croit que cette sélection pour une large adaptabilité servira à plusieurs buts. En premier lieu une population à large adaptabilité peut être utilisée comme parent pour la transmission du pouvoir de grande adaptabilité aux autres populations ; deuxièmement un maïs à large adaptabilité donne une meilleure stabilité en rendement sous différents climats avec des fluctuations de température ; troisièmement la grande adaptabilité chez un parent sert de véhicule de transmission d'une variété de gènes presque n'importe où dans le monde.

D/ - Des plantes tropicales plus efficaces

Des études physiologiques au CIMMYT durant les années 1970-75 conclurent que le maïs tropical produisait autant de matière sèche que les plantes de "corn-belt" (de climat tempéré) mais que le gain de rendement était bas dont la cause résidait non pas dans la chaleur et l'humidité mais dans l'inefficacité de la plante (elle utilise plus d'énergie pour le fourrage et moins pour le grain).

Les chercheurs ont adopté deux approches pour améliorer l'efficacité de la plante. La première chose qui a été faite c'était de croiser des plasmogermes tropicaux x tempérés, pour combiner la meilleure distribution de rendement du matériel tempéré et les meilleures résistances aux maladies et aux insectes du matériel tropical. Trois populations qui contiennent des proportions variées de plasmogermes tempérés et tropicaux ont été exposées à l'environnement des terres basses tropicales pour faire des sélections dessus.

L'autre approche est de sélectionner à l'intérieur du matériel tropical pour une morphologie type tempéré (architecture de la plante). Les chercheurs recherchèrent la possibilité que l'importance de l'épi mâle du maïs tropical pourrait dominer le développement de l'épi femelle ou que la surface excessive de la feuille au-dessus de l'épi femelle dans le matériel tropical pourrait réduire le potentiel de production de grains de la plante.

Pour tester ces hypothèses, les chercheurs du CIMMYT sont en train de sélectionner les petits épis mâles et de réduire la surface de la feuille au dessus de l'épi femelles dans trois populations avancées. Après quelques générations de sélection et de recombinaison, le matériel obtenu sera retsssté en présence de la population originelle pour déterminer si la réduction de l'épi mâle ou de la surface foliaire de la feuille au-dessus de l'épi femelle sont des caractères plus ou moins associés au Potentiel de rendement de la plante.

E/ - La résistance à la sécheresse

Les physiologistes du CIMMYT ont conduit un test en 1976 pour déterminer si des familles à l'intérieur d'une population avaient différents degrés de tolérance à la sécheresse. Les scientifiques utilisent deux critères pour mesurer la réponse à la sécheresse. Le premier consiste à mesurer durant le stade végétatif la vitesse d'élongation des cellules des familles sous irrigation (sans stress) et sous des conditions pluviales (différents degrés de stress) et de sélectionner les familles dans lesquelles il y a un petit changement dans la vitesse d'élongation entre 2 apports d'eau. Le second consiste à étudier les familles dont les rendements sont bons sous des conditions de stress et d'irrigation.

Quelques familles ont été identifiées meilleures que d'autres pour la réponse à la sécheresse. Pour vérifier cela les 10 meilleures familles de chaque traitement (stress moyenne et sévère) ont été croisées pour créer des variétés synthétiques qui ont été testées dans les traitements avec eau. Si un test pratique pour déterminer des différences peut être trouvé, les techniques utilisées pourraient être appliquées dans un programme de sélection.

V - AMELIORATION DE LA QUALITE PROTEINIQUE

La protéine est un élément qui manque dans la plupart des variétés de maïs. Dans les variétés commerciales le pourcentage de protéines varie de 9 à 11 % du poids de la graine, ce qui paraît suffisant dans l'alimentation humaine si toute la protéine était utilisée. Mais la protéine du maïs n'est pas très riche en lysine et tryptophane, les deux acides aminés essentiels. A cause du manque de lysine et de tryptophane le corps utilise seulement la moitié de la protéine d'un maïs normal. La lysine représente 2 % des protéines dans un maïs normal tandis que 4 % sont nécessaires pour permettre l'utilisation de toute la protéine.

Les chercheurs au CIMMYT et d'ailleurs ont travaillé pendant une décade sur le problème de la pauvreté en protéine du maïs.

La protéine du maïs peut être améliorée en introduisant des gènes variés mais ces gènes amènent avec eux des effets indésirables qui n'ont pas été encore pleinement corrigés.

Une approche de sélection consiste en l'introduction du mutant opaque 2 (le nom provient de l'apparence de la graine) dans le plasma germinatif du maïs normal, mais le maïs opaque 2 a de sérieux défauts : le rendement diminue parce que le maïs opaque 2 a un endosperme mou qui fait qu'il produit moins qu'un maïs normal ; plusieurs consommateurs n'aiment pas le maïs opaque 2 à cause de son aspect ; et une résistance adéquate aux maladies et aux insectes n'a pas encore été obtenue dans un maïs de bonne qualité protéinique.

Depuis 1969 les sélectionneurs du CIMMYT travaillent sur des populations opaques 2 avec l'endosperme modifié, d'apparence normale, résistantes à la pourriture de l'épi et une grande tolérance aux insectes de stockage. Cela a été un progrès lent.

Un progrès continu en 1976 est indiqué pour ce qui suit :

1/ - Le CIMMYT actuellement a développé 29 pools de gènes et 17 populations avancées ayant le gène opaque 2 et sélectionne des endospermes dans la plupart de ces matériels.

2/ - Lorsque 23 variétés expérimentales ayant le gène opaque 2 furent testées en 1976 à 7 endroits dans le monde, les opaques produisirent autant que les meilleurs témoins. De même quand 7 variétés élites transportant le gène opaque 2 furent testées en 1976 à 14 endroits dans le monde, ces variétés élites produisirent autant ou mieux que la moyenne des témoins y compris les témoins normaux.

3/ - La performance des opaques en 1976 est des plus impressionnantes parce que les variétés expérimentales si utiles qu'elles soient, sont basées sur des sélections faites à Mexico avant 1974, tandis que les sélections faites depuis 1974 montrent une grande amélioration dans les parcelles de sélections à Mexico. Ces sélections tardives apparaîtront dans les essais internationaux dans une ou trois années.

Le CIMMYT est entré en collaboration avec les programmes nationaux des Philippines, du Népal, du Zaïre, Tanzanie, Ghana, Equateur et du Guatemala. Chaque pays travaille sur des variétés opaques 2 en pollinisation libre convenant à son milieu agro-climatique.

Dans les hautes terres particulièrement dans la région andéenne, les fermiers préfèrent les maïs avec un endosperme mou et de gros grains. Ces maïs sont appelés des "farineux" (Floury).

En 1975, le CIMMYT a commencé à croiser les maïs Floury avec des opaques 2. Aussi les grains Floury ont le même aspect que les grains opaques 2 et le test en laboratoire (le ninhydrin) est utilisé pour sélectionner les graines en ségrégation contenant le mutant opaque 2.

Un composite fut créé à partir du croisement opaque 2 x Flourey 1 en 1974. Les épis sélectionnés à partir de ce composite furent égrenés et la plus grande partie de graines fut semée pour être recombino. Plusieurs cycles sont encore nécessaires pour juger du progrès obtenu.

Les chercheurs de l'Université de Purdue (U.S.A.) ont trouvé que le double montant Sugar 2 x opaque 2 avait plusieurs avantages sur le maïs opaque 2 ordinaire, par exemple un endosperme dur, une bonne digestibilité, une bonne valeur biologique, moins de pourriture de l'épi et moins de dégâts causés par les insectes de stockage. Un désavantage est la petitesse des grains ce qui cause une diminution du rendement.

Un composite fait à partir du croisement Sugar 2 x opaque 2 est en son premier cycle de recombinaison en 1977.

Très Peu de maïs ont été plantés pour un but commercial avec une haute qualité protéinique. Les U.S.A., le Brésil, la Colombie et la Yougoslavie ont fait des hybrides opaques 2 qui sont utilisés en grande partie pour l'alimentation du bétail. Aux U.S.A. moins de 200.000 ha de maïs opaque 2 sont cultivés.

L'espoir du CIMMYT c'est de créer une variété commercial-? de maïs riche en protéine ayant le gène opaque 2 ou un équivalent, donnant de bons rendements et des performances agronomiques égalisant ou dépassant les variétés normales existantes et la qualité protéinique ne serait qu'un bonus.

VI - LA RESISTANCE AUX MALADIES ET AUX INSECTES

Les chercheurs de la protection des plantes (pathologie et Entomologie) forment une partie intégrante du programme maïs, ils travaillent dans la détermination des dommages causés par les insectes et les maladies dans les essais dans le nouveau matériel introduit au niveau de la banque de gène, dans les premiers stades avancés.

A/ Les pépinières des insectes et des maladies

Pour déterminer comment chaque famille de maïs réagit vis-à-vis d'une forte attaque, les chercheurs de la protection des plantes mettent en place des pépinières pour les insectes et les maladies pour chaque population avancée. Les pépinières sont sujettes à de sévères attaques d'insectes et de maladies.

Pour les pépinières des maladies toutes les 250 familles représentées dans les essais de rendement de chaque population avancée sont plantées en ligne de 5 m. La moitié des plantes de chaque ligne est inoculée au moyen d'organismes causant la pourriture de la tige, les plantes de l'autre moitié sont inoculées avec des organismes causant la pourriture de l'épi. A la récolte les pathologistes relèvent l'échelle des dégâts causés par les maladies, et les plantes ayant subi le moins de dommages sont retenues pour les générations suivantes.

Pour les pépinières des insectes, les mêmes familles sont plantées et artificiellement infectées avec des larves de la chenille (Apodoptora) et des borers de la canne à sucre. Ce sont les maladies les plus répandues à Mexico et dans les tropiques de l'hémisphère Ouest. A des intervalles appropriés après l'infestation, une échelle des attaques est faite visuellement pour chaque ligne. Les plantes montrant le moins de dommages (les plus résistantes) sont retenues et les autres sont écartées.

Dans la pression de sélection récurrente avec des techniques artificielles d'infestations uniformes que le CIMMYT a développé en 1976 les populations devraient augmenter graduellement leur résistance à ces maladies et insectes si importants.

B/ - Le laboratoire d'Elevage des insectes

Un grand nombre de larves d'insectes sont nécessaires pour infecter artificiellement les populations des stades avancés et les autres matériels du CIMMYT. Un laboratoire d'élevage des insectes a été créé ayant une capacité de produire le nombre de larves d'insectes nécessaires aux infestations. Aux deux derniers cycles de 1976 le CIMMYT a produit et infesté les champs par environ 4.000.000 de larves de Spodoptera frugiperda et 500.000 larves de Diatraea sacchalis. De même que le laboratoire que les colonies de la chenille de l'épi (Heliothis zea) du borer du maïs du Sud-Est (Diatraea grandiosella) et du nouveau borer du maïs (D. lincolata) a été mis en place.

C/ - La recherche en collaboration

Un projet de sélection a débuté en 1974 au CIMMYT en collaboration avec 6 grands programmes nationaux sur le maïs qui conjointement développent des plasmogermes résistants aux trois grandes maladies internationales du maïs.

Ces maladies sont le mildiou (Sclerospora spp) une maladie causée par un champignon qu'on trouve fréquemment en Asie, en Indonésie et en Inde mais également répandue dans d'autres continents ; le virus strié du maïs disséminé par un papillon (Cicadulina spp) trouve en Afrique tropicale et le rabougrissement disséminé par un papillon (Dalbulus spp) en Amérique latine tropicale.

Les programmes nationaux participants sont deux pays asiatiques : la Thaïlande et les Philippines, deux pays africains la Tanzanie et le Zaïre ; deux pays latino-américains : le Nicaragua et le Salvador. Chaque pays est situé dans un endroit où la maladie est sévère.

En 1974 le CIMMYT rassembla à Mexico trois populations à base très large qui devraient s'adapter aux tropiques si elles avaient une résistance à ces maladies. Les trois populations de base plus 93 autres populations hétérogènes furent croisées à des sources de résistances aux 3 maladies.

En 1975 4.000 descendants sélectionnés à partir de ces croisements furent envoyés aux 6 participants pour cribler les résistants à ces maladies. Tous les semis faits en Afrique furent perdus à cause de la sécheresse, ce qui a retardé les études sur la virose striée d'une année. Mais des familles résistantes au mildiou en Asie et au virus du rabougrissement en Amérique latine furent identifiées par les collaborateurs.

Au cycle du printemps de 1976 les familles identifiées pour la résistance en Asie et en Amérique latine furent recombinaées en utilisant les semences des plantes résistantes identifiées dans ces aires de maladies. Après recombinaison les plantes furent sélectionnées et les semences furent de nouveau envoyées aux 6 collaborateurs.

Des cycles alternés de :

a/ - Crible et autofécondation des familles résistantes dans les pays en collaboration

b/ - Test dans ces pays avec recombinaison à Mexico va continuer pour plusieurs années encore dans l'espoir que les sous populations qui vont en sortir auront une bonne résistance à chacune de ces trois maladies et également la possibilité de combiner la résistance à deux ou aux trois maladies./-