

ENQUÊTE SUR L'AMÉLIORATION DU MAÏS AU MEXIQUE

(11-19 Avril 1966)

par

J. LE CONTE

Directeur de Recherche
Chef du Service Maïs - Mils (IRAT)

PREAMBULE

Notre séjour au Mexique s'est situé entre le 11 et le 19 avril 1966; au cours de cette brève période, nous avons eu l'avantage de pouvoir prendre contact avec les personnalités suivantes :

Dr Sanchez DURON, Directeur de l'Institut de la Recherche Agronomique (INIA);

Ing. Adrian Aguado TURRUBIATES, Chef du Département Maïs et Sorgho;

Dr Fidencio PUENTE, Directeur de la Station expérimentale de Cotaxtla (province de Veracruz);

Ing. Manuel LOPEZ DELGADO, chargé des problèmes de statistique INIA;

Ing. Aquiles CARBALLO CARBALLO, chargé du programme d'amélioration du maïs du Bajío (Celaya, 265 km de Mexico);

Ing. Antonio VASQUEZ MONTES, chargé du programme Maïs et Sorgho du Centre de Recherches Agricoles du Sud-Est;

Ing. Roberto Frayre MORA, phytopathologiste à la Station de Cotaxtla.

Cette liste n'est pas limitative et nous nous excusons des omissions que nous avons pu faire.

A toutes ces personnalités, et notamment à M. TURRUBIATES qui nous a accompagné pendant une grande partie de notre voyage, nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements.

Notre reconnaissance va également à M. VIET, conseiller scientifique près l'ambassade de France à Mexico, qui a eu l'extrême obligeance de nous mettre en rapport avec le Dr Sanchez DURON, dès le début de notre séjour à Mexico.

Les étapes de notre voyage au Mexique ont été les suivantes :

11 et 12 avril, visite de l'INIA à Mexico (40, Calle Londres);

13 avril, visite de la Station de Chapingo, à 25 km environ de Mexico;

14 et 15 avril, visite de la Station de Cotaxtla, province de Veracruz, à 20 km au sud de cette ville;

18 avril, visite de la Station d'Iguala, à 175 km au sud-est de Mexico.

ORGANISATION GENERALE DE LA RECHERCHE MAISICOLE HISTORIQUE

Les travaux d'amélioration du maïs au Mexique, sous l'impulsion du Gouvernement fédéral, ont été débutés vers 1940. On connaissait alors assez mal la riche diversité des types existant au Mexique.

Les travaux ont été menés par les « Campos experimentales » relevant de la Direction générale de l'Agriculture. Ces travaux étaient alors limités à la vallée de Mexico (Station de Chapingo) et au Bajío (Stations de Leon et de Brisenas).

L'Oficina de Estudios Especiales (OEE) fut créé vers 1944 et collabora étroitement avec les Campos experimentales, dont il était distinct. Par contre, il comprenait en son sein la Fondation Rockefeller, qui était déjà établie en 1943.

En 1946 fut créée la « Comision Nacional del Maiz », chargée de la multiplication et de la distribution des semences améliorées.

En 1946, également, fut créé l'« Instituto Nacional de Investigaciones » (INI) qui prit la suite des « Campos experimentales ». Cet Institut avait d'ailleurs vocation pour l'étude de toutes les plantes vivrières.

En 1960, l'OEE et l'INI opérèrent leur fusion sous le nom d'Instituto Nacional de Investigaciones Agricolas (INIA). En même temps, la Fondation Rockefeller se détachait de l'OEE et créait en 1963 un organisme à vocation internationale distinct de l'INIA, à savoir le CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo).

L'INIA comprend six Centres de Recherches. Chaque Centre comprend lui-même plusieurs Stations expérimentales correspondant aux diverses zones. A partir de ces Stations, on travaille avec les agriculteurs locaux afin de couvrir toute la zone.

Ces Centres sont les suivants :

Centro de Investigaciones Basicas (CIB) axé sur Mexico-Chapingo;

Centro de Investigaciones Agrícolas del Bajío (CIAB) axé sur Celaya ciudad, province de Guanajuato;

Centro de Investigaciones Agrícolas del Nor-Oeste (CIANO) axé sur Obregon ciudad, province de Sonora;

Centro de Investigaciones Agrícolas del Nor-Este (CIANE) axé sur Matamoros ciudad, province de Coahuila;

Centro de Investigaciones Agrícolas del Sur-Este (CIASE) axé sur la Station de Cotaxtla, province de Veracruz;

Centro de Investigaciones Agrícolas des Sinaloa (CIASIN) axé sur Culiacan ciudad; il s'agit d'un nouveau centre correspondant au nord-ouest de la République.

En ce qui concerne les travaux propres au maïs, ceux-ci sont poursuivis sur douze Stations, appartenant à l'organisation gouvernementale, plus deux Stations dépendant directement des Provinces, soit quatorze Stations au total. On compte un nombre minimum de treize ingénieurs chargés de ces travaux (y compris ceux portant sur le sorgho).

Les laboratoires, magasins et champs expérimentaux de la Section Maïs de l'INIA sont installés à Chapingo, à 40 km à l'est de Mexico, au centre El Horno. A Chapingo se trouve également le Collège des Postgradués et l'Ecole Nationale d'Agriculture.

Le « *Projet Chapingo* » prévoit la création d'un centre très important dont le siège sera à Chapingo et qui englobera les installations et organismes déjà existants, avec construction de nouveaux laboratoires, d'une bibliothèque, de serres, d'un bâtiment pour le CIMMYT, d'un bâtiment pour le Service de Vulgarisation, etc. Un crédit de 116.500.000 pesos est prévu pour une première tranche de réalisations. Collaborent à ce projet, sur le plan financier : le Gouvernement du Mexique (31.500.000 pesos), la Banque Internationale de Développement (25 millions), l'Agence Internationale de Développement (25 millions), la Fondation Rockefeller (17 millions), la Fondation Ford (14 millions), le Fonds Spécial des Nations Unies (4 millions).

DONNEES SUCCINCTES SUR L'HISTORIQUE DES MAIS MEXICAINS

On voit qu'il existe actuellement une très grande diversité de maïs au Mexique. Cette situation est due au fait que le Mexique constitue le centre de diversification primaire de l'espèce. D'importantes collections d'origine locale sont entretenues par la Fondation Rockefeller et l'INIA.

Les plus anciens restes fossiles de maïs ont été trouvés dans des grottes du Mexique : restes de la Bat Cave, étudiés par MANGELSDORF, et datant

d'environ 5.600 ans; restes de la Cueva de la Perra, étudiés par MACNEISH, datant d'environ 5.000 ans; restes d'une grotte de la région de Puebla, également étudiés par MACNEISH et datant de 7.000 ans. On a même découvert un pollen fossile de maïs datant de 80.000 ans en creusant les fondations de la Tour de l'Amérique Latine à Mexico.

Le maïs de ces époques reculées, allant de 5.000 à 7.000 ans, est considéré comme étant alors dans les premières étapes de sa domestication. La plante sauvage dont il était issu n'offrait que peu de ressemblance avec nos maïs modernes : tiges multiples, minces et flexibles, de 80 à 90 cm de haut, portant de très courtes inflorescences bisexuées terminales, grains accompagnés de glumes et spathes s'écartant à maturité.

Certains auteurs (MANGELSDORF) ont supposé qu'une certaine mutation survenue au locus « *pod* » situé dans le quatrième chromosome a initié une série de transformations qui ont profondément transformé la plante et l'ont amené progressivement vers son aspect moderne, agissant à la fois sur la structure de l'inflorescence et celle de la tige.

Les plus anciens épis découverts dans les fouilles appartenaient au type identifié par WELLHAUSEN comme étant le « *Nal Tel* ». Il s'agissait d'un maïs aux épis extrêmement courts (quelques centimètres) et dont les grains colorés offraient le caractère « *pop* », donc étaient vitreux et de dimensions très réduites.

Les types primitifs de maïs se sont ensuite répandus avec les migrations humaines, ont évolué indépendamment, par mutations et sélection, avec l'aide consciente ou inconsciente de l'homme. Les représentants de ces types au Mexique ont été décrits par WELLHAUSEN comme *Nal Tel*, *Chapalote*, *Arrocillo amarillo* et *Palomero Toluqueño*. Ils ont tous en commun des épis de petite taille et à grain vitreux. Par contre, la couleur de l'épi est variable d'un type à l'autre : jaune ou rouge chez *Nal Tel*, grise chez *Chapalote*, blanche vers *Palomero* et jaune chez *Arrocillo*. Ces maïs primitifs, en se rencontrant et s'hybridant, ont à leur tour été à l'origine de races nouvelles améliorées de maïs.

Il y a environ 2.500 ans, l'évolution s'est trouvée considérablement accélérée par l'intervention reconnue du téosinte. Non seulement l'effet de ces croisements s'est traduit par l'introduction de gènes nouveaux dans l'hérité du maïs, mais encore la rencontre de deux plasmas germinaux très distincts a provoqué une nouvelle accentuation de la fréquence des mutations (MANGELSDORF, 1958). On suppose même que c'est ce second effet qui a agi le plus sur la transformation de la plante.

Plus tard encore, s'est fait sentir l'influence de races exotiques en provenance de l'Amérique du Sud. Ces variétés introduites étaient très différentes des races mexicaines. L'hybridation du matériel local et exotique est à l'origine des variétés hautes productives des temps actuels.

Tels sont, en résumé, les facteurs essentiels qui sont intervenus dans la genèse des races actuelles de maïs; mais, parmi ces facteurs, les variations topographiques et climatiques au Mexique ont joué certainement un très grand rôle en permettant à de nombreuses variétés d'évoluer indépendamment en situation à peu près isolée.

L'EVOLUTION DES ACTIONS D'AMELIORATION GENETIQUE

A partir de 1944, la Oficina de Estudios Especiales a réuni une importante collection de maïs locaux mexicains. Ces maïs furent testés en liaison avec les « Campos experimentales ». Un certain nombre de variétés « criollas » furent repérées comme intéressantes et furent à l'origine des travaux d'amélioration qui devaient suivre. Des sélections massales furent pratiquées et des semences distribuées (types Brisenas et Llera III). Un certain nombre de variétés à pollinisation libre (série V) furent alors remises par l'Office à la Commission Nationale du Maïs qui venait de se créer.

Dans une seconde étape, les variétés de pollinisation libre les mieux adaptées dans leurs zones respectives furent autofécondées et les lignées obtenues évaluées immédiatement après une seule génération d'autofécondation. Les meilleures de ces lignées, notées lignées A1, entrèrent alors dans des combinaisons variées.

Un premier type de combinaison consiste à croiser ces lignées avec les meilleures variétés de la Mesa Central et du Bajío, en vue d'obtenir des « hybrides multiples ». Ces hybrides étaient de formule : (lignée A × variété X) (lignée B × variété Y), les lignées A et B étant de type A1. Ces hybrides appartenaient à la série « 300 » de cycle intermédiaire, adaptée au Bajío.

Ces premiers hybrides multiples furent assez rapidement relayés par des croisements doubles constitués par quatre lignées type A1. A partir de 1950, plusieurs hybrides de ce type furent distribués par la Commission Nationale du Maïs, dont le H-309 qui est encore cultivé actuellement.

En même temps, furent créées des variétés synthétiques, multipliées en pollinisation libre dans des champs isolés. Ces synthétiques étaient les générations avancées de croisements multiples réalisées avec des lignées A1. Environ huit synthétiques de ce type furent distribués dont les meilleurs furent les VS 101 et VS 123. Ces synthétiques montraient, du fait de leur origine génétique, une grande plasticité aux conditions de milieu auxquelles ils étaient soumis.

Au cours de cette période, une attention toute spéciale a été apportée pour que les hybrides A1 et les synthétiques puissent être reconduits en générations avancées chez le paysan lui-même. Il s'agissait là d'une précaution essentielle dans une agriculture non modernisée. Une grande partie des variétés améliorées à pollinisation libre, actuellement cultivées en milieu paysan, n'a pas d'autre origine.

L'Instituto de Investigaciones Agrícolas a également mené un programme d'amélioration des variétés à pollinisation libre. Beaucoup de celles-ci ont été mises à la disposition des agriculteurs sous le nom de « híbridos estabilizados ».

Plus récemment, des hybrides doubles ont été créés, non plus à partir de lignées A1, mais à partir de lignées provenant de plusieurs autofécondations successives, soit trois ou quatre. Il y a lieu de remarquer que les hybrides doubles mexicains se distinguent des hybrides doubles du Corn Belt américain, en ce qu'ils ne procèdent pas de lignées homozygotes, totalement stabilisées par sept ou huit autofécondations successives.

LES GRANDES ZONES MAISICOLES

Les grandes régions maïsicoles du Mexique sont largement basées sur l'altitude. Il convient de distinguer :

A) Mesa central et Valles altos.

Cette zone se situe entre les cotes 2.000 et 2.600 m. Elle est séparée en deux aires distinctes. On y trouve les villes suivantes : Mexico, Toluca (province de Mexico), Pachuca (province de Hidalgo), Tlaxcala (province de Tlaxcala), Huamantla (province de Puebla).

Les précipitations sont nettement inférieures à 1 m : 608 mm moyenne de 5 ans à Chapingo, 822 mm moyenne de 6 ans à Toluca. Dans cette zone les semis se font de février-mars jusqu'en juin et l'on distingue deux saisons de culture, selon que le semis se fait au début de l'année (février-mars) ou au milieu de l'année (mai-juin).

Les semis de début de l'année, ou semis d'hiver, correspondent à la culture dite de « Riego ». On sème dans une terre humide en profondeur, qui a gardé son humidité des dernières pluies de décembre. Le semis peut se faire à 2 ou 3 grains par poquet et à 15 cm de profondeur : c'est la méthode du « busca jugo ». Le plant utilise alors en grande partie les réserves hydriques du sol. Le semis peut également se faire à flanc de billon, le plant se développant avec irrigation. L'irrigation se fait à la raie et non par aspersion.

Le semis de mai-juin, ou semis d'été, correspond à la culture de « Temporal » ou saison pluvieuse. Dans la zone en question, cette saison débute en mai et se prolonge jusqu'en novembre, avec une période de sécheresse de quinze jours environ au mois d'août. La récolte se fait en octobre-novembre. Il y a lieu de noter que la durée du cycle varie sensiblement avec l'altitude et que celle-ci, pour une même variété de maïs, peut aller de quatre mois et demi à six mois. Dans ce cas, c'est la date de semis qui varie (avril, mai, juin), la récolte se faisant toujours, en fin d'année.

Pour des altitudes comprises entre 2.400 et 2.600 m, on distingue aussi le « Jugo » culture avec date de semis intermédiaire entre celle du « Riego » et celle du « Temporal ».

Dans toute cette zone, les maïs doivent être résistants au froid et à la sécheresse.

B) Bajío.

Le Bajío est constitué par une série de riches vallées s'étendant sur les provinces de Guanajuato et de Querétaro, situées au nord-est de la province de Mexico, entre les parallèles 20° et 21°, et aussi sur une large fraction du Jalisco, situé à l'est de ces deux provinces.

Les villes principales de cette région sont Leon (province de Guanajuato), Celaya (province de Guanajuato), Irapuato (province de Guanajuato), Querétaro (province de Querétaro), Guadalajara (province de Jalisco).

Due à une moindre altitude variant entre 1.300 et 1.900 m, la température est en moyenne un peu plus élevée que dans la zone précédente et ne descend jamais en dessous de 0°. Les pluies sont un peu plus abondantes que dans la Mesa central, atteignant le mètre. Les terres sont souvent fertiles.

On distingue également la culture de « Riego », avec semis en mars-avril, et celle de « Temporal », avec semis en mai-juin. Entre ces deux cultures saisonnières existe une culture de saison intermédiaire, la « punta de riego » avec irrigation de départ, suivie des pluies d'été.

Dans la culture de « Temporal », on distingue : le « malo », le « regular » et le « bueno » temporel, selon que la sécheresse est plus ou moins à craindre. Nous verrons qu'à chacune de ces trois zones on effectue un hybride distinct.

C) Tropico calido seco.

Cette zone est axée principalement sur les provinces de Morelos et de Guerrero, entre les latitudes 16° 5 et 19°. Elle est tournée vers la côte Pacifique. La température moyenne annuelle augmente lorsque l'on descend vers le sud, du Cuernavaca vers Acapulco et se situe aux environs de 20°. Elle est sensiblement plus élevée que celle du Bajío dont la température moyenne annuelle est comprise entre 10° et 20°. L'altitude de la zone cultivable varie entre 0 et 1.000 m.

Cette zone remonte au nord vers le Jalisco, le long de la côte Pacifique. Elle se prolonge également vers l'est, dans une partie de la province de Daxaca, et l'on nous a signalé qu'il ne tombait pas plus de 400 mm à Tehuantepec, ville située près de la côte Pacifique, sur le fleuve du même nom.

Les principales villes du calido seco sont : Cuernavaca (province de Morelos), Cuantla (province de Morelos), Zacatepec (province de Morelos), Iguala (province de Guerrero), Chilpancingo (province de Guerrero), Acapulco (province de Guerrero), Arcelia (province de Guerrero) et Taxco (province de Guerrero).

Dans cette zone, on pratique surtout la culture irriguée. On sème à deux époques de l'année :

semis de novembre à mars (en remontant vers le nord),

semis d'août-septembre.

Les deux semis se font sur les mêmes emplacements.

Il s'agit, pour cette zone, d'utiliser des maïs dont le pollen résiste à de hautes températures.

D) Tropico humedo.

Les limites de Tropico humedo correspondent sensiblement à celles de la province de Veracruz. Les précipitations annuelles y sont très variables, mais toujours abondantes et vont de 1,5 m sur la côte Atlantique (1.600 mm en moyenne à Veracruz) jusqu'à 3,5 m sur les pentes montagneuses parallèles à cette côte. Elles augmentent du nord (Tuxpan, 1.350 mm) vers le sud (Acayucan, 1.860 mm). L'ensemble de cette région se situe entre les parallèles 17° et 22° et correspond au climat tropical humide avec une température moyenne annuelle supérieure à 20° C.

Les villes principales sont : Tuxpan, San Rafael, Veracruz (capitale de la province), Cotaxtla et San Andres Tuxtla. Toutes ces localités se trouvent dans la province de Veracruz.

On distingue les deux saisons de culture :

« Riego », avec semis en février ou mars;

« Temporal », avec semis en juin, juillet, août.

Les cycles correspondant à la saison du « Riego » sont légèrement plus longs que ceux du « Temporal », d'une dizaine de jours environ.

HYBRIDES PAR ZONE

Pour chacune des zones précédemment définies, on utilise des hybrides spécialement adaptés. On peut également utiliser des variétés améliorées et des synthétiques.

A chaque hybride, synthétique ou variété, est affecté un numéro.

Ce numéro varie :

entre 1 et 200, quand il s'agit de zones en altitude (altura) situées entre 2.000 et 2.600 m;

entre 200 et 400, quand il s'agit d'altitudes moyennes (zones du Bajío, à « altura media »);

entre 400, 500 et plus, quand il s'agit des zones tropicales (sèches et humides).

Le numéro est précédé de H pour les hybrides, de VS pour les synthétiques et de V pour les variétés. Sauf indication contraire, tous les hybrides dont il est question ci-dessous sont à grain blanc.

Valles altos et Mesa central.

ENTRE 2.000 ET 2.400 M :

CULTURE DE « RIEGO » :

H 125, H 127, H 129; le cycle est de 6 mois environ.

CULTURE DE « TEMPORAL » :

H 24, H 28; le cycle est de 4 ou 5 mois environ.

ENTRE 2.400 ET 2.600 M :

CULTURE DE « RIEGO » :

H 127; le cycle est de 7 mois, les épis n'arrivent pas à maturité et il s'agit d'un maïs fourrager.

CULTURE DE « JUGO » :

H 24, H 28, avec un cycle moyen de 6 mois.

CULTURE DE « TEMPORAL » :

H 24, H 28, avec un cycle de 140 jours à Chapingo pouvant atteindre 200 jours à Toluca.

Le H 28 résiste particulièrement au froid et à la sécheresse. Il provient de la variété Michoacan 21. Le grain est blanc crémeux, légèrement teinté de jaune.

Bajío.

Cultures étagées entre 1.200 et 1.900 m. On adopte les hybrides suivants :

CULTURE DE « RIEGO » :

H 352, H 366.

Semis en mars-avril. Le H 366 est résistant au charbon, *Sphacelotheca reiliana*, et est le seul dans ce cas. La maladie du charbon affecte surtout la culture de « Riego ».

M. AQUILEZ CARBALLO, chargé de la sélection du maïs pour le Bajío, nous a signalé que la sélection des hybrides du Bajío était réalisée dans un champ de 4 ha situé à 6 km de la ville de Celaya (1.750 m) dans la province de Guanajuato. Ce champ, infesté artificiellement, permettait de sélectionner un matériel végétal résistant au charbon *Sphacelotheca reiliana*. Ce matériel était constitué par divers hybrides, des variétés criollas, et de nombreuses lignées provenant de une à trois autofécondations successives.

« PUNTA DE RIEGO » :

H. 309.

CULTURE DE « TEMPORAL » :

Bueno temporal : H 230.

Regular temporal : H 220.

Malo temporal : VS 201.

Le H 220 est très résistant à la sécheresse et a été créé vers 1948, à partir de la race « Bolita », de la province de Oaxaca, qui a donné le caractère de résistance à la sécheresse.

Le VS 201 est une variété synthétique, donc plus polymorphe qu'un hybride et par conséquent mieux adaptée aux conditions du « malo temporal ».

Tropico calido seco.

Culture principalement axée sur le « Riego ».

POUR LES SEMIS DE NOVEMBRE À MARS :

H 502 et H 412.

POUR LES SEMIS D'AOÛT-SEPTEMBRE :

H 502.

Le H 412 est un hybride très résistant aux hautes températures ainsi qu'à la gelée. La durée de son cycle est de 130 à 140 jours. C'est un maïs précoce, qui peut être semé tardivement.

Tropico humedo.

CULTURE DE « RIEGO » :

H 503.

Semis de janvier à mars.

CULTURE DE « TEMPORAL » :

H 503, H 507.

Semis de juin à août.

La présence du virus « achapparamiento » est favorisée par les périodes de sécheresse auxquelles ces hybrides sont sensibles. On avance parfois la date du semis du « Riego » (février au lieu de mars) pour diminuer l'incidence de cette maladie. Le H 507 est plus résistant au virus que le H 503.

M. TURRUBIATES nous a signalé que des pourritures du bout de l'épi sont à craindre, dans ces climats très humides, lorsque les spahes, trop courtes, sont mal recouvrantes. Le H 507 a un épi mieux protégé que le H 503.

QUELQUES DONNEES GENETIQUES SUR LES HYBRIDES

Les hybrides utilisés au Mexique sont, en règle générale, des hybrides de type double, c'est-à-dire provenant de quatre génoteurs épurés jouant un rôle symétrique. Il s'agit de maïs d'origine mexicaine. Les essais d'introduction de maïs hybrides provenant du Corn Belt des USA s'est traduit par des échecs dûs à l'inadaptation de ce matériel importé.

Nous avons vu plus haut que les premières formules hybrides mises au point provenaient de quatre lignées A1, c'est-à-dire issues d'une seule autofécondation.

A ces lignées A1, on a substitué par la suite des lignées provenant de plusieurs autofécondations successives. Toutefois, les lignées mexicaines utilisées dans les hybrides actuels diffèrent des lignées

USA en ce qu'elles ne sont pas totalement homozygotes. Le nombre d'autofécondations successives ayant amené à l'obtention de ces lignées ne dépasse pas quatre ou cinq en règle générale, et souvent même est limité à deux ou trois.

Dans l'ensemble, les lignées intervenant dans les hybrides de « Riego » sont plus homozygotes que celles du « Temporal ». On exige pour le « Riego » une plus grande uniformité.

Par contre, les lignées entrant dans les hybrides de « Temporal » sont autofécondées deux ou trois fois seulement. On leur demande plus de plasticité.

A ce sujet, il est intéressant de noter, sur le plan des rendements, que des comparaisons ont été faites entre hybrides A1 et hybrides A3 (ces derniers provenant donc de lignées autofécondées trois fois). Ces comparaisons ont été faites dans la Masa central (« Riego » et « Temporal ») et le Bajío, avec des variétés sélectionnées à pollinisation libre prises comme témoins (rendement moyen = 100). Par rapport à ces dernières, les hybrides A1 ont donné des plus-values allant de 29 % (Bajío) à 41 % (« Riego » Mesa central), les hybrides A3 des plus-values allant de 33 % (Bajío) à 46 % (« Riego » Mesa central). Il n'existait donc qu'une faible différence de rendement entre hybrides réalisés à partir de lignées autofécondées une fois et hybrides réalisés entre lignées autofécondées trois fois. Toutefois, un léger avantage existait en faveur de ces dernières, comme l'on pouvait s'y attendre.

La plupart des hybrides actuels proviennent d'un croisement double à partir de quatre lignées non totalement homozygotes.

Ainsi, l'hybride H 28 récemment obtenu au Centre de Horno, à Chapingo, a dans son pedigree quatre lignées :

une lignée Michoacan 21, autofécondée une fois;

une lignée autofécondée deux fois provenant d'un croisement initial entre un composite tiré d'une variété de l'Etat de Mexico, d'une part, et une lignée autofécondée une fois, tirée du Michoacan 21, d'autre part;

deux lignées autofécondées deux fois provenant du composite 1 du Michoacan 21.

Le H 309 provient de quatre lignées de type A1, donc encore très hétérozygotes.

Font exception à la règle du croisement entre quatre lignées :

le H 220, croisement entre une variété et un hybride simple;

le H 230, croisement de type : (L.A × L.B) × (L.C × V. Criollo).

Enfin, le VS 201 est un synthétique et non un hybride.

QUELQUES CHIFFRES

La superficie totale du Mexique est d'un million 950.000 km², soit trois fois et demi la France. Sur ce total, 30 millions d'hectares sont cultivables, soit 15 % de la surface totale. La superficie cultivée en maïs représente actuellement plus de 6 millions d'hectares. Le maïs est, de loin, la première culture du Mexique, pour la surface occupée, étant suivi de loin par le haricot arrivant en second avec 1,4 million d'hectares.

La production de maïs a augmenté de 88 % pendant la période 1940-1959, une partie de cette augmentation étant due à l'augmentation des terres cultivées et une partie, au cours des dix à douze dernières années, à l'amélioration des variétés.

En 1959, la production du maïs a été estimée à 5.600.000 t, soit supérieure de 600.000 t aux besoins d'alors.

En 1961, la production était estimée à 5.500.000 t pour une surface de 5.700.000 ha, soit une moyenne de rendement de près d'une tonne à l'hectare.

En 1962, la production était de 5.950.000 t, représentant 4.462 millions de pesos (à 75 centavos par kilo).

En 1964, la surface en maïs était estimée à 6.324.000 ha, dont 620.000 irrigués, ce qui représente un peu moins de 10 % de cette surface (irrigation totale ou de complément).

Sur les 5.700.000 ha non irrigués, 90 % sont situés dans des régions où la pluviométrie varie de 600 à 900 mm pour le total de la saison pluvieuse. Une partie du maïs est même obtenue dans des régions où la pluviométrie totale ne dépasse par 300 mm et tombe en trois mois.

Le total des 5.700.000 ha se répartit de la façon suivante :

- probabilité de forte sécheresse : 20 %
2.740.000 ha environ;
- probabilité de forte sécheresse : 35 %
740.000 ha environ;
- probabilité de forte sécheresse : 45 %
2.220.000 ha environ.

Ces probabilités plus ou moins élevées de forte sécheresse correspondent au « bueno », « regular » et « malo » temporal.

C'est l'Etat de Jalisco qui arrive en tête pour la production de maïs, avec plus d'un million de tonnes en 1962. Il est d'ailleurs le siège d'une intense campagne d'amélioration culturale (fertilisants, semences améliorées, insecticides, etc.) sur 200.000 ha.

Le rendement moyen à l'échelle nationale est de l'ordre de la tonne à l'hectare. Mais, comme on peut bien le penser, cette échelle de rendement est très ouverte et va de quelques centaines de kilos, en condition de culture paysanne non évoluée, à plusieurs tonnes à l'hectare.

D'après les chiffres que nous a indiqué M. TURBATES, les rendements en « Riego » paraissent supérieurs aux rendements du « Temporal », sans doute parce que l'on a le contrôle de l'eau. Ainsi, les rendements des hybrides H 352 et H 366 cultivés dans le Bajío peuvent atteindre, et parfois même dépasser, le cap des 7 tonnes à l'hectare. Le rendement des hybrides H 200 et H 230, cultivés en « Temporal », varierait entre 2 et 4 tonnes à l'hectare. Le rendement du VS 201, cultivé en milieu paysan traditionnel, oscillerait entre 500 kg et 1 tonne. Les variétés locales non sélectionnées donnent des rendements allant de quelques centaines de kilo à 1,5 tonne à l'hectare.

Donnons ici quelques indications sur l'évolution démographique au Mexique : elle est très rapide et suit une courbe exponentielle.

La population était de 25.800.000 habitants en 1950 et a augmenté de 60 % entre 1940 et 1959. Au taux actuel de la progression annuelle, de l'ordre de 3 %, cette population doit doubler d'ici trente ans. Estimée à 39.946.000 personnes en 1963, elle a certainement franchi le cap des 40 millions à l'heure actuelle.

DIFFUSION DES MAIS AMELIORES

On distribue 10.000 à 12.000 t de semences de maïs sélectionné par an, soit de quoi couvrir approximativement 10 % de la surface totale en maïs. La proportion de maïs sélectionné est plus forte en « Riego » qu'en « Temporal ». Il y a lieu de remarquer que les premiers hybrides créés avaient été mis au point pour la culture de « Riego ».

Cette semence est vendue à l'utilisateur à raison de 3,5 pesos le kilo (1,40 F le kg). On peut noter que le prix du kilo de maïs ordinaire, non sélectionné, est de 0,9 à 1,10 peso le kilo.

La production de semence de maïs amélioré est une affaire purement gouvernementale et est régie par la « Productora Nacional de Semillas », appelée couramment la « Pronase » pour toute l'étendue de la République.

La Société passe des contrats avec certains paysans pour la production de la semence.

Cette semence produite est ensuite remise au service chargé de la vulgarisation. Ce service s'abouche avec un certain nombre d'hommes de confiance ayant une formation agronomique (par exemple ingénieur agronome tenant une maison de produits insecticides, de machines agricoles, etc.), qui se chargent de la vente de la semence.

Il y a lieu de remarquer que les sociétés privées peuvent importer de la semence hybride d'origine étrangère, notamment des Etats-Unis. Mais ces hybrides introduits doivent être testés au préalable pendant trois ans. C'est seulement si ces hybrides se comportent favorablement dans leur nouveau milieu et surclassent les variétés et hybrides locaux, qu'ils reçoivent l'autorisation d'être importés et diffusés. En ce qui concerne les USA, seuls certains hybrides originaires du sud des Etats-Unis ont reçu ce permis d'importation. Les hybrides du Corn Belt n'ont pas montré une bonne adaptation dans les conditions des divers milieux mexicains.

PROBLEME DE LA RESISTANCE A LA SECHERESSE

Le problème de la résistance à la sécheresse est un problème majeur pour le Mexique dont une grande partie de la superficie est d'une aridité accentuée. Ainsi, sur la surface totale cultivée en maïs, de l'ordre de 6.300.000 ha, près de 4 millions d'hectares sont menacés par des périodes de sécheresse souvent très accusées, dues à la rareté ou à la mauvaise distribution des pluies.

On a donc été amenés à engager des programmes de sélection du maïs contre la sécheresse.

A) Maïs « latentes ».

Il existe au Mexique certains maïs qui offrent la particularité de présenter un mécanisme physiologique spécial de résistance à la sécheresse.

Ce mécanisme se définit de la façon suivante :

- a) suspension temporaire du développement du plant quand survient la sécheresse;
- b) retard dans le développement des organes reproducteurs;
- c) aptitude à recouvrer une capacité normale de développement quand se rétablissent les conditions normales d'humidité.

Dans les Valles altos, notamment, il existe une période de sécheresse de dix à vingt jours au mois d'août, entre deux périodes pluvieuses en juin et en octobre. La variété Michoacan 21 supporte la sécheresse du mois d'août et offre le caractère latente. De même, l'hybride H 28 qui en est tiré. Ces maïs stoppent leur croissance pendant cette période qui se situe avant le début de la floraison. Au contraire, les maïs n'offrant pas le caractère latente continuent leur développement sans aucune pause, fleurissent pendant la sécheresse et ont un rendement très diminué.

Les maïs latentes offrent certaines caractéristiques spéciales, liées à leur résistance à la sécheresse :

ils ont des faisceaux vasculaires plus larges et plus épais que chez les maïs normaux;

l'ouverture de leurs stigmates est plus tardive et la fermeture plus précoce que chez les maïs normaux;

en ce qui concerne la fabrication de matière sèche, les maïs latentes et normaux se comportent de la même façon en conditions de riego; par contre, en conditions de temporal, la matière sèche fabriquée par les maïs latentes est supérieure à celle fabriquée par les maïs normaux. On pense que cette fabrication de matière sèche est due, chez les maïs latentes, à une meilleure utilisation du phosphore.

B) Expérimentation menée sur maïs latentes à Chapingo.

Une expérimentation a été menée à Chapingo par MM. Gilberto PALACIOS DE LA ROSA, Luis M. VILLICANA et Adrian A. TURRUBIATES afin d'analyser globalement la nature des effets géniques, additifs ou non additifs, intervenant dans l'expression du caractère latente chez la lignée Michoacan 21 (comp. 1) - 104. Cette lignée était tirée d'une seule autofécondation (104) pratiquée dans le composite 1, provenant lui-même d'une sélection récurrente opérée dans la variété latente Michoacan 21.

a) MÉTHODE SUIVIE.

La méthode suivie a consisté à soumettre des semences résultant de croisements biparentaux réalisés au sein de cette lignée à des épreuves de sécheresse successives et de plus en plus accentuées.

Le matériel végétal utilisé était représenté par la descendance de huit plants pris pour mâles. Chacun de ces huit plants était croisé à dix plants pris pour femelles. Dans chacun de ces quatre-vingts croisements biparentaux, on a pris deux graines que l'on a semées dans un petit pot cylindrique contenant 1 kg de terre tamisée et séchée au soleil. Puis on a ajouté 250 cm³ d'eau à chaque pot.

Lorsque la première paire de feuilles est apparue, soit six jours après l'addition de l'eau, on a procédé à la suppression de l'endosperme des plan-

tules, afin d'égaliser au maximum les conditions de développement, en même temps que l'on appliquait une solution d'arasan pour éviter toute pourriture.

Le troisième jour après cette opération, on a supprimé un plant, ne laissant donc qu'un plant par pot. Les pots furent ensuite amenés à un poids uniforme de 1.430 g par addition d'eau. Afin d'éviter tout départ d'eau autre que celui dû à la plantule, chaque pot avait été couvert d'un voile en polyéthylène laissant juste passer la tigelle.

Huit jours après la dernière addition d'eau, 50 % des plants atteignirent le point de flétrissement permanent (PPM). Ce point de flétrissement se réfère à un degré de sécheresse tel que le plant, qui a perdu sa turgescence au cours de l'épreuve diurne, ne la récupère plus au cours de la nuit qui suit et reste flétri à 6 h. 30 du matin.

A partir de ce moment, on a convenu de faire débiter la première épreuve de sécheresse (« castigo »). Celle-ci a duré sept jours.

A la fin de cette première épreuve on a ajouté 50 cm³ d'eau par pot, afin que les plants puissent récupérer leur turgescence. Les plants qui restèrent encore flétris le sixième jour après cette addition furent considérés comme morts et enlevés de l'essai.

Quant aux autres plants, qui avaient récupéré leur aspect végétatif normal, ils furent soumis à une nouvelle épreuve de sécheresse, dans les mêmes conditions que la première, mais qui dura neuf jours au lieu de sept jours.

L'expérience a ensuite comporté une troisième et une quatrième épreuve de sécheresse, qui ont duré respectivement onze et treize jours.

b) CALCULS ET RÉSULTATS.

On a retenu, pour réaliser les calculs de l'analyse statistique, les données se référant au nombre de jours de vie et à la consommation totale d'eau par plante.

Pour chacun de ces deux caractères, on a calculé le carré moyen relatif aux plants mâles et le carré moyen relatif aux plants femelles dans chaque mâle. Compte tenu de la variance de l'erreur, on a pu ensuite calculer la variance pour les plants femelles. Ces dernières données ont, à leur tour, permis le calcul de la variance additive et de la variance non additive pour chacun des deux caractères considérés.

Pour le caractère « nombre de jours de vie », les variances additive et non additive ont été respectivement 52,80 et 17,20.

Pour le caractère « consommation d'eau », les variances additive et non additive ont été respectivement 433 et — 25,7 g.

Il est donc apparu que la variance génétique additive était très supérieure à celle non additive, laissant supposer que le déterminisme génétique du caractère latente est largement placé sous le contrôle de gènes à action additive.

La valeur négative de la variance non additive pour le caractère consommation d'eau n'a pas été expliquée. Elle est, peut-être, le résultat d'un écart dû à une erreur d'échantillonnage à partir d'une valeur réelle positive mais voisine de zéro.

c) CONSÉQUENCES SUR LE PLAN DE LA SÉLECTION.

Les plants utilisés comme mâles avaient, par ailleurs, été autofécondés. L'existence d'une variance significative entre descendances des plants mâles montre que le comportement génétique des différents plants mâles est différent et qu'une amélioration peut être escomptée en partant de la descendance autofécondée des seuls plants mâles dont la descendance en croisement s'est montrée la plus résistante.

De même peuvent être utilisés pour la sélection les plants ayant survécu à la quadruple épreuve de sécheresse.

Signalons qu'à la Station de Chapingo, également, une autre sélection contre la sécheresse a également porté sur la variété Michoacan 21. On était parti de 2.000 plants, soumis à une seule, mais très longue épreuve de sécheresse en pot. Une seule graine avait été mise au départ dans chaque pot. A la suite de cette épreuve, 200 plants seulement sur 2.000 survécurent, soit 10 % de la population totale.

Ces 200 plants furent alors menés à maturité et des croisements en masse furent pratiqués au sein de cette population, chaque plant recevant le pollen mélangé d'une série d'autres plants. On a ainsi abouti à un composite 1.

Ce composite est, à son tour, à l'origine d'un nouveau cycle de sélection analogue au premier, amenant la création d'un composite 2.

PROGRAMMES DE SÉLECTION POUR LES « VALLES ALTOS » ET LE BAJIO

Un important programme de sélection est actuellement en cours afin de tenter d'améliorer les variétés et hybrides adaptés à la partie centrale du pays (Valles altos, Mesa central, Bajío).

Diverses méthodes ont été utilisées, préconisées par l'INIA et la Fondation Rockefeller.

Nous dirons quelques mots des méthodes suivantes :

- sélection massale,
- sélection récurrente pour l'aptitude générale à la combinaison,
- sélection récurrente pour l'aptitude spécifique à la combinaison,
- sélection réciproque.

Une grande partie des efforts consacrés à cet amélioration génétique est tournée vers l'amélioration des populations à pollinisation ouverte.

A) Sélection massale.

Une expérimentation, basée sur l'application simultanée d'un système de sélection massale (technique A) et d'un système de sélection épi par rang (technique B), a été menée à Chapingo sur deux populations Chalqueño : « Bataan » et « Xolacha », sous les auspices de la Fondation Rockefeller.

La sélection massale appliquée est celle préconisée par C.O. GARDNER dans le Nebraska. Des précautions sont prises pour obtenir une appréciation aussi précise que possible du rendement des plants individuels. On divise le champ en carrés élémentaires de taille égale et dans chaque carré on retient une fraction donnée (mettons 10 %) des plants observés. Les plants retenus doivent être

normalement entourés sur les quatre côtés. Les épis récoltés sont séchés à un niveau d'humidité constant, afin de pouvoir comparer les poids. On prend ensuite un nombre fixe de grains sur les épis retenus (mettons 20 grains) que l'on mélange pour obtenir le synthétique à partir duquel un nouveau cycle de sélection sera amorcé.

Dans la sélection épi par rang, contrairement à ce que l'on pratique avec la sélection massale, les choix impliquent un test de descendances d'épis individuels. La technique, modifiée par rapport aux anciennes méthodes, a été décrite par LONNQUIST en 1964 (Crop. Science, vol. 4, n° 2, 1964). On retient un certain nombre d'épis dans les descendances apparaissant les plus prometteuses, à la suite d'un test adoptant un dispositif en lattice. Ces épis sont obtenus en pollinisation ouverte, les croisements s'exerçant dans les limites du champ expérimental bien entendu.

La technique A appliquée à la population Bataan a donné deux croisements successifs de rendement : 11,1 % amenant à un Syn. 1 ; puis 12,1 % amenant à un Syn. 2. En deux cycles de sélection, les plus-values ont donc totalisé 23,2 %.

A partir du Syn. 1 obtenu précédemment, on a appliqué la technique B. Celle-ci a donné, en cycle, un accroissement de 10,1 %, donc un peu inférieur à l'accroissement correspondant du second cycle de sélection massale (12,1 %). Le sens de ce résultat était inattendu, la sélection épi par rang étant en principe plus précise que la sélection massale, puisqu'elle implique un test de descendance.

Sur la population Xolache, un seul cycle de chaque technique a été appliqué. Un gain de 12,7 % a été obtenu avec la technique A et un gain de 10,1 % avec la technique B. Dans ce cas encore, contrairement à ce que l'on aurait pu prévoir, c'est la technique A qui a été la plus rentable.

Il y a lieu de remarquer que si un troisième cycle était appliqué à la population Bataan et qu'une nouvelle plus-value du même ordre de grandeur que les précédentes était obtenue, on atteindrait alors, chez une population à pollinisation ouverte, des rendements équivalents à ceux des meilleurs hybrides doubles dont on dispose actuellement dans la race Chalqueño.

Signalons également que la même technique A, appliquée à la variété Tuxpeño, V 520-C, a donné en quatre cycles une amélioration de rendement de 45 %, soit une moyenne de 11,2 % par cycle. La population résultante, V 520-C-Syn. 4, eut un rendement presque égal aux hybrides Tuxpeño, H 503 et H 507. Il s'agit ici de maïs des régions tropicales et non plus des vallées hautes ou du Bajío.

Le succès des sélections massales menées sur divers maïs mexicains laisse penser que, chez ces derniers, la part laissée aux actions géniques de type additif doit être très élevée.

B) Sélection récurrente pour l'aptitude générale à la combinaison.

Nous prendrons un exemple dans la population Michoacan 21.

Au sein de cette variété, on procède à une série d'autofécondations, soit plusieurs centaines (300 à 500). On retient à la récolte environ 250 plants autofécondés. Ces plants sont sélectionnés d'après leurs caractéristiques morphologiques, l'aspect de l'épi, leur résistance aux maladies, etc.

L'étape suivante consiste à faire entrer les choix précédents en top-cross. Le testeur n'est autre que la variété de départ. On pratique une alternance de deux lignes mâles (= testeur) avec quatre lignes femelles (= quatre descendances autofécondées distinctes).

Les lignes femelles sont observées pour l'aspect de la plante et de l'épi. Environ 50 % des lignes femelles seront éliminées après examen. Il restera donc un total approximatif de 120 top-cross qui seront effectivement éprouvés.

Ces top-cross entrent dans des lattices carrés 7×7 pour être testés. On ajoute aux top-cross plusieurs témoins qui entrent dans tous les lattices 7×7 et jouent le rôle de ponts, entre les lattices.

Finalement, on repèrera vingt top-cross (sur cent vint) d'après les résultats fournis par le test des lattices.

Les vingt lignées autofécondées (lignées A1) correspondant aux top-cross en question sont alors reprises et leur mélange constituera un composite (« compuesto ») qui servira de base à un nouveau cycle de sélection.

C) Sélection récurrente pour l'aptitude spécifique à la combinaison.

Ces sélections sont pratiquées lorsque l'on veut améliorer un hybride.

Considérons, à titre d'exemple, un hybride de type :

(L1 \times L2) (Hidalgo 55)

et posons son rendement égal à 100. La parenthèse L1 \times L2 se réfère à un croisement simple entre deux lignées, tandis que Hidalgo 55 est une variété dont il s'agira de tirer des lignées ayant une bonne aptitude à la combinaison avec le croisement simple.

Une série d'autofécondations est réalisée dans Hgo 55 et les autofécondés ainsi obtenus entrent en top-cross avec un testeur qui n'est autre que L1 \times L2.

Les résultats du test top-cross mettent en évidence la bonne aptitude que les lignées

Hgo 55-45

Hgo 55-9

montrent à se croiser avec le testeur.

Il s'agit d'une aptitude spécifique au croisement car la base génétique du testeur est très restreinte.

Les deux lignées Hgo retenues entrent alors dans un croisement simple et l'hybride double obtenu entre ce croisement simple et le testeur constituera l'hybride H 129, dont le rendement est supérieur de 30 % à celui du rendement de l'hybride de départ (130 contre 100).

D) Sélection réciproque.

Ce type de sélection est indiqué lorsque l'on peut mettre en évidence, au départ, des effets d'hétérosis notables entre deux variétés d'origine génétique différente mais qui, par ailleurs, offrent des caractéristiques communes (longueur de cycle, type de l'épi).

La collection de maïs de la Mesa central a été testée, avec intercalation d'un testeur tous les dix rangs. On retient les dix meilleures variétés, à la suite d'observations menées pendant toute la durée du cycle végétatif, et ces dix variétés sont engagées dans toutes les combinaisons possibles (soit 45).

Les croisements réalisés sont testés dans un lattice 7×7 , dans lequel on a ajouté plusieurs témoins.

On repère le meilleur croisement et l'on repart des deux géniteurs comme composantes de la sélection récurrente réciproque.

Il y a lieu donc de noter qu'au lieu de partir de deux variétés V1 et V2, cette sélection peut aussi bien partir de deux croisements

V1 \times V2

et V3 \times V4

chaque croisement étant pris en F2.

Quant au mécanisme même de la sélection réciproque, il est très voisin de celui mis en œuvre dans la sélection récurrente pour l'aptitude générale à la combinaison, mais avec la différence que la variété V2 joue le rôle de testeur pour la variété V1, et réciproquement.

On sait que ce type de sélection tient compte à la fois de l'aptitude générale et de l'aptitude spécifique au croisement de ses deux composantes.

PROGRAMMES DE SÉLECTION POUR LES RÉGIONS TROPICALES

A) Considérations générales.

Un important programme de sélection est actuellement en cours au Centre régional de Recherches de Cotaxtla, situé à 35 km au sud de Veracruz, région où les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 1.500 mm. La Station est à une cote de 16 m et est située dans une région représentative du « Tropico humedo ». Les autres Stations secondaires de la province de Veracruz sont, du nord au sud, San Rafael, Paso del Toro et El Palmar. Cette dernière est une sous-station INIA.

Nous avons vu précédemment que deux cultures étaient possibles annuellement dans le Tropico humedo : une culture irriguée et d'hiver, avec semis en janvier-février-mars, et une culture de saison pluvieuse, avec semis en juin-juillet-août. Pour un maïs donné, la durée du cycle est quelque peu différente selon la date de semis : la durée semis-floraison est de 80 à 90 jours en saison d'hiver, et de 70 à 80 jours en saison pluvieuse, avec les maïs hybrides actuellement distribués.

La superficie totale semée en maïs dans la province de Veracruz est de 800.000 ha environ, avec un rendement moyen de 1.200 kg/ha.

Les travaux d'amélioration variétale du maïs à Cotaxtla sont actuellement menés par l'ingénieur Antonio VASQUEZ MONTES. Ils portent essentiellement sur la race de maïs blanc tuxpeño originaire de Tuxpan, ville située dans le nord de la province de Veracruz (Tuxp = Tuxpan, eño = suffixe indiquant la provenance).

La race Tuxpeño, qui joue un rôle essentiel dans la constitution des hybrides tropicaux du Mexique, est actuellement représentée par de nombreuses variétés répandues dans tout le domaine bordant le golfe du Mexique, de préférence entre les cotes 0 et 500 m.

D'après les taxonomistes (WELLHAUSEN), cette race proviendrait d'une ancienne hybridation entre les races primitives Olotillo et Tepecintle, qui existent d'ailleurs toujours. Le maïs Olotillo est un maïs blanc farineux, à grains larges et plats,

légèrement indentés, répartis sur huit rangs. Le Tepecintle est un maïs également à amidon blanc avec des grains durs, presque vitreux, moins larges et aplatis que précédemment, et répartis sur quatorze rangs.

Le Tuxpeño, résultant de cette ancienne hybridation, est un maïs de taille élevée (3 à 4 m); portant des épis cylindriques de 20 cm de longueur environ, avec des grains blancs nettement indentés répartis sur douze ou quatorze rangs. Le diamètre de l'épi est compris entre 44 et 48 mm et celui du rachis pris seul est de l'ordre de 16-17 mm.

La race Tuxpeño est à l'origine des maïs dentés du sud des États-Unis (type Gourde seed), lesquels sont entrés en croisement avec les maïs flint du nord des États-Unis pour donner les hybrides modernes du Corn Belt.

B) Lignées et hybrides Tuxpeño.

Il existe actuellement à la Station de Cotaxtla douze lignées de race Tuxpeño numérotées T1 à T12, qui proviennent de sélection généalogique et résultent d'un nombre d'autofécondations successives variables, soit trois ou quatre. Il ne s'agit donc pas de lignées pures au sens génétique du mot. Ces lignées sont entretenues et multipliées par croisements collectifs entre pieds frères (ces croisements sont notés par le signe #).

A partir de ces douze lignées autofécondées ont été créées cinq hybrides doubles actuellement vulgarisés, plus trois hybrides doubles qui sont encore au stade expérimental.

Les trois hybrides doubles qui ont fait l'objet des plus larges distributions sont le H 502, le H 503 et le H 507.

Le pédigrée de ces hybrides s'établit de la façon suivante :

H 502 (adapté au calido seco) :
(T1 × T3) × (T2 × T5)

H 503 (adapté au calido humedo) :
(T2 × T3) × (T6 × T7)

H 507 (adapté au calido humedo) :
(T2 × T3) × (T11 × T12).

Il s'agit de maïs blanc, à grain indenté, dont la durée du cycle varie entre 130 et 160 jours selon le lieu de semis et la saison (temporal ou riego).

Ces hybrides ont un ou deux épis par plant. Ils sont résistants à la brûlure des feuilles due à *Helminthosporium turcicum*, fréquente sous les tropiques, ainsi qu'à la verse. L'hybride H 507 est plus résistant que H 503 à *Physoderma zae maidis* et au virus « achaparramiento » également très fréquents dans le tropico humedo. La virose se manifeste par un rabougrissement du plant, en général stérile, et par un rougissement accentué qui tend à envahir tout le limbe. Enfin le bout de l'épi de H 507 est bien protégé par les spathes contre les pourritures.

Il y a lieu de remarquer que la lignée T11, qui entre dans le H 507, est très sensible à *H. turcicum*. Toutefois, en croisement, cette sensibilité disparaît et l'hybride simple T11 × T12 se montre résistant. C'est même actuellement le meilleur hybride simple parmi ceux réalisés entre lignées de la série T.

On tente actuellement d'obtenir de nouveaux hybrides capables de concurrencer favorablement le H 507. Dans ce but, on est parti de vingt-trois

nouvelles lignées Tuxpeño issues de quatre autofécondations successives et ces lignées sont entrées en top-cross avec l'hybride simple T11 × T12 pris pour testeur.

C) Sélection pour l'obtention de maïs nains.

On a utilisé le gène récessif brachytique br2, pris à une lignée naine localisée sur le chromosome 1 fournie par les États-Unis. La présence de ce gène provoque des raccourcissements des entre-nœuds situés au-dessous de l'épi, mais n'amène pas de diminution du nombre de nœuds. La hauteur des lignées brachytiques varie, selon les sols et les lieux, entre 1 m et 1,50 m.

a) CRÉATION DE LIGNÉES T BRACHYTIQUES.

Les douze lignées T entrant dans les hybrides actuellement distribués ont été croisées avec la lignée brachytique br2br2 de départ (origine USA).

On a ensuite réalisé cinq ou six croisements de retour sur chaque lignée T afin de récupérer les lignées de départ. Le caractère brachytique est maintenu en ménageant une culture d'autofécondation suivie de disjonction, entre deux croisements de retour successifs.

On a pu ainsi récupérer les lignées suivantes, sous leur version brachytique :

T2, T3, T6, T7, T9 et T12.

Les quatre lignées composantes de l'hybride H 503 ont donc été obtenues sous une forme naine et l'hybride a pu être reconstitué sous cette nouvelle forme.

On a toutefois constaté que l'hybride récupéré, tout en étant nain, montrait une grande hétérogénéité en ce qui concerne la hauteur. Il est possible que cette situation soit due au transfert simultané d'autres gènes liés au gène br2 et qui agissent comme gènes modificateurs.

Afin de parer à cet inconvénient, il est envisagé de créer de nouvelles lignées Tbr2 par autofécondations à partir de chacune des quatre lignées composantes brachytiques. Ces nouvelles lignées serviraient à reconstituer ensuite l'hybride H 503.

b) CRÉATION DE COMPOSITES NAINS.

Après un croisement de départ entre la lignée brachytique et les lignées T, on réalise deux croisements de retour sur les lignées T. On récupère ensuite le caractère brachytique par autofécondation suivie de croisements entre plants nains apparaissant en disjonction.

On crée ensuite une série de composites résultant chacun du croisement de trois ou quatre lignées brachytiques récupérées. Dans la descendance de chaque composite, on réalise des croisements fraternels afin d'obtenir une uniformisation de la hauteur. Ce processus d'uniformisation est actuellement en cours.

Ces composites sont créés afin d'obtenir des souches à base génétique élargie.

c) TRANSFERT DU CARACTÈRE BRACHYTIQUE DANS DES VARIÉTÉS TROPICALES MEXICAINES.

Un total de dix-huit variétés de la race Tuxpeño a été engagé en croisement avec la lignée brachytique br2br2 afin d'obtenir des versions naines de ces variétés. Il s'agit de variétés et non de lignées. On compte effectuer cinq back-cross et deux sont déjà réalisés.

Nous donnons ici le schéma des opérations successives en prenant pour exemple la variété Veracruz 39 :

Première étape : croisement de départ
Ver. 39 (= H) × br2br2 (= N).

Deuxième étape : on obtient un hybride HN de taille haute (le gène br2 étant récessif). Cet hybride est autofécondé.

Troisième étape : on obtient, à partir de la semence précédemment autofécondée, une disjonction HH (hauts) + HN (hauts) + NN (nains).

Seuls les plants nains sont travaillés. D'une part, ils sont croisés entre eux afin d'obtenir une souche fixée naine qui représente l'aboutissement de la première étape de transfert du gène de brachytisme et, d'autre part, le pollen de ces plants nains est mélangé et sert à féconder la variété Ver. 39.

Ce dernier croisement constitue le premier croisement de retour. Les opérations suivantes se déroulent selon le même processus que celui que nous venons de décrire.

Les différentes étapes de la sélection : croisement de départ et croisements successifs de retour sont conservées et multipliées sur elles-mêmes afin de participer ensuite à des essais comparatifs où elles sont simultanément représentées.

Signalons ici, à titre de remarque, qu'il existe au sein de certaines variétés locales des facteurs de nanisme distincts du brachytisme. Ainsi, la Station de Cotaxtla possède plusieurs lignées basses, provenant d'une seule autofécondation, appartenant à la variété Eto Blanco.

d) SÉLECTION POUR LE TRANSFERT DU CARACTÈRE DE STÉRILITÉ MÂLE DANS LES LIGNÉES TUXPEÑO.

On sait que la stérilité mâle d'origine cytogénétique est utilisée pour éviter la castration des plants pris pour femelles dans la création de certains hybrides.

Ce caractère provient de la conjonction d'un certain type de cytoplasme dit Texas (T) et d'au moins un gène récessif ms gouvernant la stérilité mâle. Les plants stériles mâles sont donc de type Tms ms. Le gène stérile mâle le plus courant, ms 8, est localisé dans le huitième chromosome; un autre gène ms serait localisé dans le chromosome numéro un. La majorité des disjonctions pour le type stérile mâle sont de type 3-1, donc monofactorielles.

Partant d'un maïs stérile mâle d'origine Texas, on a tenté le transfert du caractère de stérilité mâle dans les douze lignées Tuxpeño sélectionnées T1 à T12. On a réalisé un nombre important de rétrocroisements (sept ou huit) afin de récupérer les lignées de départ.

Finalement, on a obtenu cinq lignées stériles mâles (100 % de stérilité mâle) pour les lignées T suivantes :

T2, T6, T8, T9 et T11.

Ces lignées ne contenaient pas de gène restaurateur de fertilité.

Par contre, pour les autres lignées du groupe (soit les sept autres lignées) on a obtenu des résultats non nets avec des disjonctions fertiles mâles - stériles mâles. Parfois la stérilité mâle paraît établie et égale à 100 % puis ce pourcentage est remis en question au cours de la saison suivante.

On ne possède pas encore l'hybride double d'origine Tuxpeño utilisant la stérilité mâle sur le plan industriel. D'ailleurs, on ne dispose pas encore de lignées stabilisées restauratrices de la fertilité mâle.

E) Autres sélections visant au transfert de caractères particuliers.

a) OBTENTION D'ÉPIS MULTIPLES.

On tente d'introduire dans certaines lignées Tuxpeño (lignée T1, par exemple) le caractère « épis multiples ».

La lignée T1 est croisée avec un maïs à épis multiples d'origine nord américaine, la Strawberry corn (maïs fraise).

En F1, on effectue des choix et l'on croise entre eux les plants repérés. De nouveaux choix sont réalisés en F2 et les plants choisis sont rétrocroisés avec la lignée T1 de départ. On a réalisé deux rétrocroisements.

Quel est l'avantage attendu dans l'introduction du caractère à épis multiples? En principe, on vise à une augmentation des rendements. Les hybrides Tuxpeño sont déjà fréquemment porteurs de deux épis. Il s'agit d'assurer le second épi et, si possible, d'en ajouter un troisième et même un quatrième. La courbe de rendement suivra-t-elle cette prolifération d'épis? On sait que l'évolution du maïs s'est faite à partir de races primitives, peu productives et portant de nombreux épis, vers les races modernes hautement productives et à nombre d'épis réduit.

b) OBTENTION D'UNE PLUS GRANDE PRÉCOCITÉ.

On tente d'introduire une plus grande précocité chez les lignées Tuxpeño T1 à T12 en se servant du maïs précoce canadien « Gaspé corn » comme donneur. Chez ce maïs, la durée du cycle semis-floraison est de 35 jours dans les conditions écologiques de Cotaxtla. Les maïs Tuxpeño ont des durées de cycle semis-floraison variant de 70 à 90 jours selon la saison.

c) TRANSFORMATION DE LA COULEUR DE L'ENDOSPERME.

Une sélection a été débutée tendant à donner le caractère jaune à l'endosperme des lignées Tuxpeño qui sont blanches.

Le transfert de ce caractère risque de se heurter à des difficultés, vu le caractère plurifactoriel de la coloration de l'amidon.

Le but final de ce travail est d'obtenir des versions jaunes des hybrides blancs actuellement distribués.

F) Création de divers composites Tuxpeño.

Nous ferons mention ici d'un travail mené en liaison avec la Fondation Rockefeller et valable pour l'ensemble du Mexique et de l'Amérique Centrale. Il concerne le maïs Tuxpeño.

Plus de deux cents variétés appartenant à la race Tuxpeño ont été étudiées et testées au cours de ces dernières années.

Ces variétés ont été croisées en top-cross avec quatre maïs distincts appartenant aux races Celaya, Salvaroreño, Pepitilla, Chalqueño, pris pour testeurs.

Les top-cross ainsi obtenus ont été testés en divers points du Mexique et de l'Amérique Centrale. On a retenu, à la suite de ces tests, trois variétés, sur les deux cents mises à l'épreuve.

Ces trois variétés (Ver. 48, Ver. 143, Mich. 166) ont été croisées deux à deux des trois façons possibles. On a ainsi obtenu trois composites distincts, que l'on a comparé pour le rendement avec les hybrides H 503 et H 507 actuellement vulgarisés.

Les trois composites réunis ont accusé une plus-value de l'ordre de 11 % dans l'ensemble des tests comparatifs, soit 10,7 % vis-à-vis de H 507 et 11,7 % vis-à-vis de H 503. Les plus-values, pour chaque composite pris séparément, varient entre 9 et 14 %.

Le rendement de la F1 de ces composites a dépassé, au cours des essais, 72 quintaux.

TRAVAUX DE SÉLECTION D'INTERET GENERAL (INIA et Fondation Rockefeller)

A) Entretien de collections.

Une collection centrale de plusieurs milliers de numéros est entretenue à la « Banque de gènes » (germplasm) de Chapingo.

Cette collection avait été réunie, à l'origine, par la Fondation Rockefeller et a été remise par celle-ci à l'INIA à une date relativement récente. A côté de cette collection principale, la Fondation Rockefeller entretient actuellement, également à Chapingo, une collection de moindre importance destinée à ses besoins propres (travaux et enseignement).

Les échantillons de maïs sont conservés dans une chambre froide où les conditions de température (+5°) et d'humidité (40 %) sont entretenues soigneusement constantes pendant toute l'année. Des appareils enregistreurs placés dans la chambre froide permettent d'exercer ce contrôle avec précision.

Les éléments de cette collection restent en magasin pendant cinq ou six ans consécutifs et ne sont semés que lorsqu'il est nécessaire de rajouir la semence ou de la multiplier.

En s'en tenant aux maïs mexicains, les différents secteurs de cette collection sont constitués par :

les races indigènes anciennes du Mexique :

Palomero-Toluqueño, Arrocillo amarillo, Chapalote et Nal Tel ;

les races exotiques précolombiennes :

Cacahuacintle, Harinoso de Ocho, Oloton, Maiz dulce ;

les races métisses préhistoriques :

Conico, Reventador, Tabloncillo, Tehua, Tepecintle, Comiteco, Jaka, Zapalote chico, Zapalote grande, Pepitilla, Oletillo, Tuxpeño, Vandeño ;

les races modernes :

Chalqueño, Celaya, Conico norteño, Bolita.

Chacune de ces races est représentée par de nombreux numéros de la collection.

Il y a lieu de remarquer que les numéros de la collection sont précédés par l'indication de la province d'où ils proviennent. Ainsi, l'indication Mex (= Mexico) se réfère à des maïs en provenance de

la province de Mexico, et peut s'appliquer à des races très différentes : Mex. 5 est un Palomero Toluqueño, Mex. 7 un Cacahuacintle, Mex. 23 un Conico, Mex. 35 un Chalqueño.

Cette collection centrale sert à alimenter en semence tous les centres régionaux mexicains menant un programme maïs.

Ouvrons ici une parenthèse pour signaler qu'en Colombie la Fondation Rockefeller entretient une autre banque de gènes groupant la majeure partie des types de maïs sud-américains.

B) Tests et sélections pour la résistance aux insectes.

Un total de quatre-vingt-une variétés mexicaines et étrangères a été testé à la Station de Tepalcingo (Etat de Morelos) vis-à-vis de l'attaque des insectes. Des semis répétés de cette collection ont été réalisés chaque mois, jusqu'en avril 1965.

Des observations précises ont pu être faites sur les dégâts causés aux feuilles par les thrips (*Frankliniella occidentalis*) et par le *Laphygma frugiperda*.

Les dégâts dus aux thrips sont surtout importants durant la saison sèche et au cours de ces essais la plupart des semis ont été détruits en septembre et octobre 1964. Les types Tuxpeño et Celaya ont été les plus tolérants vis-à-vis de cet insecte.

Une sélection a été débutée avec un mélange de variétés de maïs Celaya. Cette population est semée dans la région de la Mesa central et cultivée en saison sèche sous irrigation. C'est l'époque la plus favorable à l'infestation par les thrips. Une sélection massale permet de repérer les plants les moins infestés et les plus producteurs. Il s'agit ensuite de créer une variété dérivée donnant un rendement élevé même en condition de forte infestation.

Le *Laphygma frugiperda* est également à redouter particulièrement en saison sèche (janvier, février et mars à Tepalcingo). Parmi les quatre-vingt-une variétés testées, les maïs flint Antigua 2.D et Antigua 8.D, originaires de l'île d'Antigua, aux Antilles, ainsi que la variété Zapalote chico, se sont montrés de beaucoup les plus résistants. Les mêmes observations ont été faites également à la Jamaïque sur un composite de variétés Antigua (Antigua groupe 2) qui s'est montré très résistant au *Laphygma*.

On va tenter d'incorporer cette résistance des types Antigua à divers maïs mexicains sélectionnés.

Quelques observations ont été faites également sur le borer *Zeadiatrea sp.* et une corrélation positive a été trouvée entre le diamètre de la tige et le nombre de trous.

C) Tests et sélections pour la résistances aux maladies.

Les maladies les plus couramment observées au Mexique sont :

Le charbon *Sphacelotheca reiliana*, qui provoque la destruction complète de l'épi et de la panicule mâle. On sait que cette maladie existe également sur le sorgho (en de nombreux points d'Afrique notamment où elle cause les mêmes dégâts, se traduisant par la destruction de la panicule).

Le *Physoderma Zea Mâidis*. Nous avons observé cette maladie à la Station de Cotaxtla.

L'Helminthosporium turcicum, qui provoque la brûlure des feuilles et sévit également sur de nombreuses lignées à la Station de Cotaxtla. Nous avons observé, également à Cotaxtla, une autre brûlure, à petites taches, qui pourrait être due à *H. Mäidis*.

Le « stunt virus », ou « Achaparramiento », dont le vecteur est le *Dalbulus mädidis*. Cette virose cause des dégâts très importants sur certaines lignées et certains hybrides, dégâts qui se traduisent par le rabougrissement du plant, le rabougrissement des feuilles et la stérilité.

Il y a enfin lieu de remarquer que la maladie bactérienne dite « de Stewart » est pratiquement inconnue au Mexique. Nous avons fait la même constatation au Nicaragua. En tout état de cause, cette maladie ne constitue de problème ni au Mexique ni dans aucun Etat centre-américain et n'est jamais prise en considération dans les programmes de sélection.

Des programmes sont actuellement en cours pour lutter génétiquement contre le *Sphacelotheca reiliana* et l'achaparramiento.

L'hybride de « Riego » H 366, cultivé dans le Bajío, est résistant à *Sphacelotheca reiliana*, particulièrement virulent dans cette région en saison sèche. Les autres hybrides du Bajío, cultivés en « Temporal », ne présentent pas de caractère de résistance, mais la maladie s'extériorise moins pendant cette période de l'année. Toutefois, un programme commun INIA - Fondation Rockefeller est mené afin de substituer à ces hybrides des formes plus résistantes au charbon. Les premiers hybrides expérimentaux réalisés à partir de lignées résistantes ont été récemment mis à l'essai dans le Bajío. On sait que la maladie se transmet par le sol et offre un caractère systémique. Présente dès le début de la croissance, la maladie s'extériorise pleinement lorsque le plant a atteint le stade de la floraison.

Un programme de lutte génétique contre l'achaparramiento est mené à la Station de Cotaxtla par l'INIA travaillant en coopération avec la Fondation Rockefeller. On a constaté, au sein des variétés, de très grandes différences dans le comportement des plants individuels. L'infestation est surtout développée sur les maïs semés en avril et mai. C'est la date que l'on choisit pour semer les parcelles soumises à des observations systématiques vis-à-vis de cette maladie. Des inoculations artificielles du virus sont faites sur les jeunes plantules.

Les plants qui se révèlent les plus résistants sont croisés entre eux deux par deux. On obtient ainsi une série de lignées destinées à entrer dans un programme de sélection récurrente qui s'étendra sur plusieurs années et à l'issue duquel on espère reconstituer des variétés naturellement résistantes.

Jusqu'à présent, aucune variété n'a été trouvée totalement résistante à la virose, mais plusieurs variétés sont tolérantes. Certains maïs de République Dominicaine et de Cuba se montrent satisfaisants pour la proportion de plants résistants qu'ils renferment. De nombreuses variétés du Mexique et d'Amérique Centrale renferment aussi une proportion élevée de plants résistants, tandis que les maïs les plus sensibles à la virose, sans doute en raison de leur inadaptation, proviennent des Etats-Unis.

D) Analyse de la qualité protéinique.

Cette étude a été menée conjointement par la Fondation Rockefeller et l'INIA.

Un total de 182 échantillons de maïs a été analysé pour la teneur en lysine. Ces échantillons groupaient des maïs du Mexique, d'Amérique Centrale et des Caraïbes.

Cette teneur a varié considérablement selon les races. Les maïs les plus riches en lysine ont été la race Salvadoreño (côte Pacifique du Salvador et du Guatemala), la race Chepo (sud de Panama) et la race Pepitilla (Mexique central). Les races Chalqueño et Conico norsteño, apparentées à la race Pepitilla, se montrèrent également riches, mais avec d'assez grandes variations.

Par contre, tous les échantillons de la race Tuxpeño se montrèrent pauvres en lysine, ainsi que ceux de la race Celaya (apparentée à Tuxpeño) quoique avec plus de variabilité.

Les échantillons du Cuba flint se montrèrent intermédiaires.

Il semblerait que le nombre de gènes intervenant dans l'expression du caractère teneur en lysine soit très limité.

E) Détermination des gènes de stérilité mâle et de la restauration de la fertilité.

Un important programme en vue de déterminer les gènes de stérilité mâle et de restauration de la fertilité présents dans les maïs conservés en collection a été mené à Xalostoc (Etat de Morelos) et à Chapingo (Etat de Mexico) par MM. Roberto Perez AGUIRRE et Ramon COVARRUBIAS C.

Il existe plusieurs sources de stérilité mâle d'origine texane utilisées dans ces travaux. L'une de ces sources est le Texas 325 Tsm; l'autre, le Texa 585 sm. M. TURRUBIATES m'a signalé qu'en dehors de la source bien connue Texas, il existait par ailleurs au Mexique des maïs présentant la stérilité mâle cytogénétique, notamment dans la variété Blanco de Junio.

Des essais systématiques ont été faits avec le donneur de stérilité mâle Texas 325 Tsm. Des maïs appartenant aux principales races mexicaines ont été choisis.

On est parti, à Xalostoc, de trente-trois variétés mexicaines qui ont été systématiquement croisées avec le maïs sm. On a réalisé des croisements plant à plant et le plant mâle a été autofécondé. Le nombre de croisements a été de cent environ par variété (hiver 1961-1962).

Les descendance de chaque croisement ont été semées et l'on a réalisé le dénombrement des plants mâles stériles et fertiles. Dans les descendance où apparaissaient des plants mâles fertiles, donc porteurs du gène de restauration, on a réalisé l'autofécondation de ces plants.

Un programme analogue a été réalisé à Chapingo, mais on a croisé en bloc chaque numéro de la collection choisi pour ce travail avec le maïs ms, en travaillant avec le pollen mélangé d'une série de pieds. Des croisements pied à pied ont été également réalisés, avec autofécondation du pied mâle.

La saison suivante (été 1962), on a semé en parcelles appariées la descendance de chaque croisement et de chaque autofécondation correspondant lorsqu'il s'agissait d'un croisement entre couples de plants. Par contre, pour les croisements « en bloc », on a semé uniquement la descendance croisée sur une seule ligne.

Dans le champ ainsi constitué, on a effectué le dénombrement des plants stériles et fertiles mâles de chaque F1. En même temps, on a réalisé dans le même champ les opérations suivantes :

autofécondation de plants fertiles apparaissant dans les F1;

dans les populations F1 en ségrégation, croisement de plants fertiles avec plants stériles mâles de la même descendance;

croisement de retour des descendance entièrement stériles mâles avec la souche mâle de départ.

Le matériel ainsi obtenu a été de nouveau semé à Chapingo en été 1963 où l'on a repris les mêmes opérations.

Tout le travail mené à Xalostoc et à Chapingo vise à créer des types mexicains stériles mâles appartenant aux principales races cultivées et simultanément des types restaurateurs de fertilité mâle, évidemment indispensables dans tout programme d'utilisation d'hybrides.

Le pourcentage de gamètes restaurateurs de fertilité mâle a été supérieur à 16 % (allant jusqu'à 83 % chez un Tuxpeño) chez vingt-deux souches sur trente-deux dans les essais de Xalostoc; dans les essais de Chapingo, ce pourcentage a été très élevé chez cinq souches (allant de 30 à 92 %) et très faible chez les sept autres travaillées (0 % chez cinq souches).

Dans l'ensemble, en totalisant les résultats obtenus à Xalostoc et à Chapingo, on peut diviser l'ensemble du Mexique en deux zones très distinctes, l'une avec une fréquence très basse de gènes de restauration (Mesa central et Etat de Veracruz), le reste du Mexique constituant la seconde zone, avec une fréquence de restauration beaucoup plus élevée.

On n'a pas encore actuellement de lignées fixées restauratrices de la fertilité mâle.

Sur le plan génétique, les diverses disjonctions obtenues en F2 ont permis d'établir que, dans la majorité des cas, la distribution était mendélienne, mais que, dans certains cas, le déterminisme génétique de la restauration de la stérilité mâle était dû à deux paires de gènes dominants complémentaires. Dans un certain cas, les hypothèses mono et bifactorielles se sont trouvées insuffisantes, les descendance F2 montrant un excès de plants fertiles mâles (15 : 1 et 57 : 7). Les auteurs ont fait intervenir un gène à action épistatique dominante pour expliquer ce comportement.

F) Croisements entre races mexicaines.

Des croisements diallèles ont été pratiqués entre vingt-cinq races de maïs mexicains et ont été testés pendant deux ans dans trois écologies différant par l'altitude : haute, moyenne et basse. Les races qui se sont montrées les meilleures dans l'ensemble de leurs croisements sont : Maiz dulce, Pepitilla, Tabloncillo, Reventador (maïs pop), Celaya, Conico norteño, Chalqueño, Olotillo et Tuxpeño.

G) Croisements entre variétés d'origine tropicale.

Les maïs originaires des Caraïbes constituent un matériel de choix pour l'amélioration des maïs tropicaux. Aussi un effort spécial a-t-il été fait afin de tester ce matériel végétal d'origine centre-américaine.

Des croisements ont été réalisés, de toutes les façons possibles, entre six maïs dent, six maïs flint et six maïs semi-flint originaires d'Amérique Centrale et de certains autres pays tropicaux. Ces croisements ont été testés au Mexique, au Pérou, au Vénézuéla, aux Indes et en Thaïlande. Le croisement qui a donné les meilleurs résultats dans ce programme multilocal est un hybride intervariétal composite Tuxpeño × Antigua 2 D. Il semble que le maïs Antigua ait une excellente aptitude générale au croisement, surtout avec le matériel flint et semi-flint.

Contrairement au maïs Tuxpeño, assez haut, et avec une insertion d'épi également haute, le matériel Antigua est un des maïs tropicaux les plus courts dont on dispose actuellement. Il porte en général deux épis.

La combinaison Tuxpeño - Antigua a été baptisée Tuxpantigua et constitue un bon matériel pour la sélection des maïs tropicaux.

QUELQUES DONNEES ANNEXES SUR LA SELECTION DU SORGHO GRAIN

La sélection du sorgho grain n'est entreprise au Mexique que depuis quelques années. Elle porte sur des lignées provenant à l'origine de croisements entre sorghos américains à paille courte et à panicule dense ou demi-dense et sorghos éthiopiens à panicule lâche.

Les lignées mexicaines épurées sont à paille courte et portent une panicule en général lâche et parfois semi-dense. Le grain est blanc le plus souvent, avec presque toujours absence de couche brune (couche constituée par une assise inférieure du testa).

La Station d'Iguala (province de Guerrero, 200 km de Mexico) possède une importante collection de lignées de sorghos sélectionnés et d'hybrides. Les lignées comprennent deux groupes : tout d'abord un groupe de lignées stériles mâles et de leurs mainteneurs respectifs, soit un total compris entre 120 et 150 ; également un groupe de 50 à 80 lignées restauratrices de fertilité.

A partir des meilleures de ces lignées ont été créés des hybrides, dont 153 sont actuellement en observation à la Station d'Iguala. Les hybrides sont semés à raison de deux lignes par hybride et selon deux répétitions. Les écartements adoptés sont 10 cm entre plants et 92 cm entre rangs. A noter que les écartements en grande culture sont différents : 75 cm entre rangs et 5 cm entre plants.

Les sorghos-grains occupent actuellement une superficie d'environ 280.000 hectares au Mexique. La variété la plus diffusée pour les climats secs est CIANE 1, cultivée notamment dans la province de Guerrero. Signalons également la variété Nyundo, d'origine éthiopienne et bien adaptée dans les Valles altos. Son cycle est de 150 à 180 jours et il est trop long pour que l'on puisse pratiquer deux cultures par an. On tente actuellement, à Iguala, de la raccourcir de 30 à 60 jours, par transfert de gènes de précocité dans un programme de back-cross parallèles à partir d'une dizaine de lignées précoces (prises au départ comme lignées mâles).

Signalons également la variété Iguala 1, dont sont sorties beaucoup de lignées de la collection.

On distribue actuellement un sorgho hybride Mex. H1, qui est le premier sorgho hybride valable pour tout le Mexique, sous réserve d'être cultivé à une altitude inférieure à 1.800 m. La panicule est demi-compacte, le grain blanc et sans couche brune. Bien entendu la paille est courte.

Nous avons eu l'occasion de voir à Iguala le champ de maintien de la lignée stérile mâle entrant dans l'hybride H1. Afin d'obtenir le synchronisme des floraisons, la lignée stérile mâle est semée cinq jours plus tôt que la lignée isogénique maintenant la stérilité. En règle générale, la stérilité mâle, chez le sorgho, entraîne un certain retard de la floraison.

CONCLUSIONS

Quelques données prévisionnelles sur les travaux futurs de sélection.

Nous reprendrons ici les développements exposés par E.J. WELLHAUSEN dans sa notice « El mejoramiento del maíz en Mexico; avances actuales y proyección hacia el futuro », parue dans la Revista de la Sociedad mexicana de l'Historia Natural (décembre 1960).

Les premiers efforts d'amélioration ont été tournés vers diverses variétés locales, bien adaptées dans leurs milieux respectifs, à partir desquelles on a créé des hybrides entre plants autofécondés, mais non entre lignées pures. De cette façon, on résolvait d'emblée les problèmes toujours ardues d'adaptation. Par ailleurs, on obtint des plus-values pouvant aller jusqu'à 20 ou 30 % du rendement des variétés de départ non sélectionnées. Mais on atteignait ainsi un plafond difficile à relever tant que le travail restait limité à la base génétique de la race de départ.

Si l'on se réfère à la situation du Corn Belt des USA où de très grands et rapides progrès ont été réalisés durant les quinze premières années de vulgarisation des hybrides, on constate que, depuis une vingtaine d'années, les progrès piétinent en ce qui concerne l'amélioration des rendements, malgré le test de nombreux milliers de lignées pures nouvelles.

Il s'agit alors de trouver un moyen de rompre la barrière que pose la limitation génétique des hybrides actuels.

La réponse à ce problème a été partiellement donnée par les travaux de généticiens qui ont tenté de définir le mode d'action prédominant des gènes dans l'expression du phénomène de vigueur hybride, appelé également « hétérosis ». Des études de génétique quantitative tendent à mettre en évidence, dans bien des cas, l'importance des gènes à action additive se superposant à celle des gènes contrôlant des effets reconnus de dominance ou épistatiques, dans l'expression de l'hétérosis.

Dans ces conditions, si l'on veut obtenir de nouveaux hybrides plus productifs, il paraît nécessaire d'améliorer le rendement des variétés à pollinisation libre dont seront tirées les nouvelles lignées autofécondées. Il apparaît, d'après de nombreuses observations faites au Mexique, qu'il existe une corrélation élevée entre le niveau de productivité d'une variété à pollinisation libre et le niveau de rendement que l'on peut attendre des hybrides qui en sont issus.

En d'autres termes, il y a lieu tout d'abord de rechercher au sein des variétés de départ une augmentation de la fréquence des gènes agissant additivement, ou bien de leur ajouter certains

gènes additionnels pour le rendement qu'elles ne renfermaient pas initialement. Le niveau de rendement atteint avec un matériel donné doit être déterminé en grande partie par le nombre et la fréquence des gènes à action additive existant dans la population ou les populations de base.

L'action des gènes agissant de façon dominante ou épistatique se superposera à la première et fournira, dans les hybrides tirés de ces populations, une capacité de rendement additionnelle.

En résumé, si l'on veut continuer à progresser dans la voie des hybrides, il faut tout d'abord se tourner vers les populations à fécondation libre et tenter d'augmenter et d'améliorer la base génétique de ces dernières.

Or, il semble que le potentiel productif des variétés modernes puisse être très fortement amélioré par l'hybridation ou mélange de races composantes.

WELLHAUSEN donne à ce dernier sujet un exemple très probant. L'ingénieur mexicain R. COVARRUBIAS a réalisé il y a peu d'années tous les croisements possibles entre neuf variétés différentes appartenant à diverses races mexicaines : Conico, Chalqueño, Celaya, Harinoso de Ocho, Tuxpeño, et adaptées à des altitudes variant entre 2.200 m et 50 m. Ces croisements (soit trente-six croisements distincts) ont été testés dans le Bajío, près de Celaya. Un témoin avait été pris, l'hybride H 353, qui était le meilleur hybride pour le Bajío, dans les conditions de « Riego ». Les dix meilleurs croisements ont donné un rendement égal ou supérieur à celui du témoin, le meilleur croisement (race Chalqueño × race Tuxpeño) ayant donné 27 % de plus que le témoin (8.800 kg/ha contre 6.955).

Cet exemple n'est pas le seul. Dans des croisements inter-raciaux réalisés à Veracruz, un des croisements se montra aussi productif que l'hybride local H 503 dans chacun des essais réalisés. En divers pays d'Amérique Centrale, également, un certain nombre de croisements intervariétaux ont donné des rendements égaux ou supérieurs à celui de l'hybride H 503.

En définitive, si l'on se base sur toute l'histoire et l'évolution du maïs, on peut avancer qu'une forte fraction des effets attribués à l'hétérosis est due à la présence de nombreux gènes agissant additivement ou à l'addition de gènes nouveaux. Dans ces conditions, l'hybridation de variétés d'origine bien différente doit permettre d'obtenir en générations avancées des rendements supérieurs à la moyenne des rendements des deux parents. Dans les hybridations entre variétés, il faut toujours chercher à rapprocher des composantes qui apportent quelque chose de nouveau au caractère rendement.

Mais, parallèlement à une action visant au relèvement du rendement des variétés à pollinisation libre et de leurs croisements, doit se greffer une action parallèle tendant à munir ces variétés améliorées d'une plus grande résistance aux maladies, aux insectes et aux adversités, dont l'incidence est toujours plus à redouter sur les populations à potentiel productif élevé.

Si nous avons cru devoir insister particulièrement sur ce problème de l'amélioration à mener prioritairement sur les variétés à pollinisation libre, c'est parce qu'il se pose également avec urgence dans bien des Etats de l'Afrique noire où s'exerce notre activité professionnelle et qu'il répond à une préoccupation que nous avons nous-mêmes souvent exprimée.

BIBLIOGRAPHIE

(Ordre chronologique)

- WELLHAUSEN (E.J.) et alii. Razas de maiz en Mexico; su origen, características y distribución. (SAG, OEE, Folleto Téc. n° 5, 237 p., 1951.)
- WELLHAUSEN (E.J.). El mejoramiento del Maiz en Mexico; avances y proyección hacia el futuro. (Rev. de la Soc. Mex. de Hist. Nat, tomo XXI, num. 2, décembre 1960.)
- GARDNER (C.O.). An evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn. (Crop Sc. Vol. 1, p. 241-5, 1961.)
- ODON MIRANDA JAISNES. El carbon de la espiga en el Bajío. (Agr. Techn. en Mex., n° 12, p. 9-11, 1961-1962.)
- BERGER (J.). Maize production and the manuring of maize. (Centre d'Etude de l'Azote, Genève, Mexico, p. 156-61, 1962.)
- AGUADO TURRUBIATES (A.), PALACIOS DE LA ROSA (G.) y MUNOZ OROZCO (A.). H. 28, nuevo híbrido temporalero para Valles altos. (Agr. Techn. en Mex., vol. II, n° 4, p. 146-7, 1963-1964.)
- PALACIOS DE LA ROSA (G.), MARTINEZ VILLICANA (L.) y AGUADO TURRUBIATES (A.). Cruces biparentales de la línea latente de maiz sometidas a castigos progresivos. (Agr. Techn. en Mex., vol. II, n° 3, p. 98-102, 1963-1964.)
- LONNQUIST (J.H.). A modification of the ear-to-row procedure for the improvement of maize populations. (Crop. Sc., vol. IV, n° 2, p. 227-8, 1964.)
- JOHNSON (E.C.) et alii. Como cosechar 4 toneladas de maiz por hectarea. (SAG, INIA, Circular CIASE n° 3, cuarta edición, 1964.)
- WELLHAUSEN (E.J.). Problemas, progresos y posibilidades de producción de alimentos en la América Latina tropical. (Salud Publ. Mex. Época V, vol. VI, n° 2, mars-avril 1964.)
- PEREZ AGUIRRE (R.) y COVARRUBIAS (C.R.). Restauración de la fertilidad por maíces mexicanos en la fuente (T) de esterilidad citoplasmica masculina. (Agr. Techn. en Mex., vol. II, n° 5, p. 216-21, juillet 1965.)
- ÓSLER (Robert D.). El papel que desempeña el Centro Internacional del mejoramiento de Maiz y Trigo en la producción de estos cereales en Centro America. (Note XII^o Reunión PCCMCA, Managua, abril 1966.)
- THE ROCKEFELLER FOUNDATION. Program in the Agricultural Sciences. (Annual rep. 1964-1965, IFCIP Maize, p. 202-9.)

L'AGRONOMIE TROPICALE

—
Extrait du n° 10
OCTOBRE 1966
—

ENQUÊTE SUR L'AMÉLIORATION DU MAIS AU MEXIQUE

(11-19 Avril 1966)

par

J. LE CONTE

Directeur de Recherche

Chef du Service Maïs - Mils (IRAT)

O. R. S. I. O. M.

Collection de Référence

n° M333