

FORD - FOUNDATION
(I. I. T. A. - I. R. A. T.)

Séminaire Mil-Sorgho
Bambey 31 août - 4 septembre 1970

ASPECT GENERAL DES RECHERCHES SUR LES MILS EN AFRIQUE

A. F. BILQUEZ
Laboratoire de Génétique de l'ORSTOM
C. R. A, Bambey (Sénégal)

12 JUIN 1972

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

B 5495 Bio et
Amel

ASPECT GENERAL DES RECHERCHES SUR LES MILS EN AFRIQUE

A. F. BILQUEZ
Laboratoire de Génétique de l'ORSTOM
C R A, Bambey (Sénégal)

I - Importance économique de la culture du mil dans le monde, et plus spécialement en Afrique de l'Ouest.

Le mil est une céréale d'importance très secondaire sur le plan économique mondial. Elle est cependant la nourriture quotidienne de base de plusieurs dizaines de millions d'êtres humains qui vivent en Afrique et en Inde. C'est pourquoi elle mérite de retenir notre attention. Ceci d'autant plus que les peuples pour lesquels le mil est la nourriture essentielle vivent dans des régions qui sont souvent les moins favorisées de ces deux continents, du point de vue agricole.

Le mil peut être utilisé aussi comme plante fourragère. C'est à ce titre qu'on le cultive aux USA, où il est devenu dans les Etats du Sud, en particulier en Géorgie, grâce aux excellents travaux de la station de Tifton (tout particulièrement ceux du Dr. G. BURTON) la plante fourragère annuelle d'été qui est la plus cultivée. Sa culture occupe annuellement en Géorgie près de 100.000 acres (soit environ 40.000 ha).

Mais c'est surtout au mil en tant que plante céréalière que nous accorderons ici notre attention.

Si on est assez bien renseigné sur l'importance des surfaces consacrées chaque année en Inde à la culture des mils céréaliers, où cette culture occuperait annuellement près de 29.000.000 d'acres (soit environ 12.000.000 ha), notre information sur ce sujet est par contre beaucoup moins bonne en ce qui concerne l'Afrique, car les statistiques agricoles ne font souvent aucune distinction entre les surfaces cultivées en mils pénicillaires et celles cultivées en sorgho, du moins en Afrique francophone.

On admet que, dans l'ensemble de la zone tropicale sèche de l'Afrique de l'Ouest, la part qui revient à chacune de ces deux sortes de plantes dans les surfaces cultivées en céréale est, en moyenne, approximativement la même. Le mil pénicillaire prédomine sur le sorgho dès que le climat devient un peu sec; le sorgho l'emporte au contraire sur le mil pénicillaire dès que la pluviométrie augmente. La limite de dominance entre les deux plantes correspond à peu près à l'isohyète 700 à 750 mm dans la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest, où se pratique la culture des mils et des sorghos.

On estime qu'il y aurait, dans l'Afrique de l'Ouest, environ 10.000.000 ha de terre consacrés annuellement à la culture des mils pénicillaires, dont :

- 5.000.000 ha au Nigeria, selon les estimations données en 1966 par la FAO dans "Agricultural Development in Nigeria 1965-1980",
- 1.700.000 ha en République du Niger
- 600.000 ha au Tchad
- 500.000 ha au Mali
- 400.000 ha en Haute-Volta, ainsi qu'au Sénégal
- 100.000 ha en Côte d'Ivoire
- 60.000 ha au Togo
- 30.000 ha au Dahomey ainsi qu'en Mauritanie, dont les 5/6 dans la vallée du fleuve Sénégal.

Les mils font aussi l'objet d'une culture non négligeable au Ghana, en République du Soudan et dans plusieurs Etats de l'Est Africain, par exemple au Malawy, en Ouganda, en Zambie et au Zwaziland. Mais nous n'avons pu trouver aucune information statistique précise sur l'ampleur de cette culture dans ces différents Etats.

II- Botanique systématique et origine génétique des mils cultivés.

A quoi les mils correspondent-ils du point de vue botanique?

Les mils pénicillaires sont des graminées du genre *Pennisetum*. C'est un genre complexe qui a été subdivisé par les botanistes en plusieurs sections, parmi lesquelles la section *PENICILLARIA*, caractérisée à la fois par la présence d'une mince touffe de poils au sommet des anthères et un nombre haploïde de chromosomes égal à 7 ou multiple de 7. C'est à cette section que se rattache l'ensemble des mils cultivés dans le monde. Mais la section *PENICILLARIA* comprend aussi, en plus des mils cultivés céréaliers, un certain nombre de formes d'aspect très fourrager, qu'on ne trouve à l'état spontané qu'en Afrique. Ceci fait que l'on peut considérer à bon droit l'Afrique comme le lieu d'origine et le centre de diversification génétique primaire de tous les mils

qui se rangent dans la section PENICILLARIA du genre Pennisetum, donc de tous les mils cultivés actuellement dans le monde.

HUTCHINSON et DALZIEL avaient reconnu, dans la 1ère édition de leur flore de l'Afrique de l'Ouest, l'existence dans cette région de 8 espèces différentes de mils céréaliers cultivés et de 12 espèces non utilisables pour la consommation humaine, parmi lesquelles 11 espèces annuelles sans aucune utilisation et une espèce vivace qu'on sait maintenant être une espèce tétraploïde à $2n=28$ chromosomes (alors que tous les autres mils cités par HUTCHINSON et DALZIEL, dont les mils cultivés, sont à $2n=14$ chromosomes), P. purpureum Schum, utilisée parfois comme plante fourragère, surtout dans l'Est et le Sud de l'Afrique.

Cette classification est encore employée par nombre d'agronomes et de botanistes qui travaillent en Afrique. Mais elle n'a aucune réalité biologique.

Les résultats des croisements effectués entre les différentes sortes de mils cultivés céréaliers qu'on peut trouver en Afrique ou dans le reste du monde (en Inde ou dans le sud des USA) montrent qu'il n'y a apparemment aucune limitation à la recombinaison des caractères parentaux dans la descendance des hybrides réalisés entre mils cultivés, quelles que soient la provenance géographique de ceux-ci et leurs caractéristiques morphologiques ou physiologiques. Les différentes formes de mils cultivés céréaliers doivent être considérées de ce fait comme appartenant à une seule et même espèce, que l'on tend à désigner maintenant sous le nom de Pennisetum typhoides Stapf et Hubbard.

Des travaux récents réalisés au CNRA de Bambey(1) ont montré qu'il convenait d'englober également dans cette même espèce un certain nombre de mils annuels non cultivés qu'on trouve à l'état spontané en Afrique, au voisinage ou dans les cultures de mils, et qui sont désignées dans la 1ère édition de la flore de HUTCHINSON et DALZIEL comme autant d'espèces distinctes.

C'est le cas de ce mil sauvage relativement fréquent dans l'ensemble de la zone soudano-sahélienne, dont le phénotype est bien caractérisé, et est généralement stable, et que les botanistes ont baptisé du nom de Pennisetum violaceum L. Rich. Il se croise très facilement avec les mils cultivés et il n'y a apparemment aucune limitation à la recombinaison des caractères de ce mil sauvage et de ceux des mils cultivés dans la descendance des hybrides produits, ce qui prouve bien qu'il appartient à la même espèce que celle à laquelle se rattache l'ensemble des mils cultivés.

Ceci nous a conduits à scinder l'espèce Pennisetum typhoides Stapf et Hubbard en deux sous espèces principales : l'une qui regrouperait tous les mils non cultivés d'aspect très herbacé, rattachés jadis à l'espèce Pennisetum violaceum L. Rich., et que l'on pourrait désigner sous le vocable : Pennisetum typhoides subspecies violaceum, l'autre qui regrouperait l'ensemble des mils cultivés céréaliers et que l'on pourrait désigner sous le vocable : Pennisetum typhoides subspecies cereale.

Les liens génétiques étroits qui existent entre les mils cultivés et ces mils sauvages, sur lesquels l'action de l'homme ne s'est jamais exercée, et dont la variabilité s'est faite uniquement sous l'influence de la pression sélective du milieu, ouvrent évidemment certaines perspectives. L'une, qui n'est pas des moindres, est la possibilité de créer sans doute rapidement, par croisement entre les deux sous espèces, des mils fourragers annuels qui seraient parfaitement adaptés aux conditions de culture de la zone tropicale sèche.

L'analyse génétique des croisements réalisés entre les deux sous espèces violaceum et cereale a permis de comprendre plusieurs choses :

La première a été de comprendre comment a pu se faire jadis le passage des formes sauvages de mil à épillets caducs, graines petites, enveloppées par les glumelles, dont la sous espèce violaceum n'est que la traduction évolutive moderne, vers les formes céréalières caractérisées essentiellement par une augmentation de la grosseur du grain, le dégagement du grain de ses enveloppes, et surtout le maintien du grain sur la plante après la maturation. Ce passage s'est fait grâce à quelques mutations de gènes relativement peu nombreuses, dont la conservation a été d'autant plus facilitée que les nouveaux caractères induits avaient une plus grande utilité pour l'homme.

La deuxième chose qu'ait permis de comprendre l'analyse des croisements réalisés entre les 2 sous espèces violaceum et cereale, c'est que beaucoup de mils d'aspect plus ou moins sauvages qu'on trouve dans les cultures de mils, et que le cultivateur africain désigne du nom de "N'Douls" au Sénégal, de "Chibras" au Niger, et parmi lesquels figurent d'ailleurs des formes auxquelles les botanistes n'ont pas hésité jadis à donner des noms d'espèces : Pennisetum mollissium Hochst, P. Perrottetii K. Schum, P. Rogeri Stapf et Hubb., P. Dalzielli Stapf et Hubb. entre autres, ne sont en réalité, pour la plupart, que des recombinaisons entre les deux sous espèces violaceum et cereale. (La différence des types observés tenant essentiellement à la nature des géniteurs céréaliers). Ceci n'exclut du reste pas que certains mils, d'aspect plus ou moins sauvage, qu'on trouve dans les champs cultivés, ne soient aussi

des mutations reverses vers la sous espèce violaceum.

La séparation des mils cultivés en plusieurs espèces distinctes, faite par les premiers botanistes témoigne, bien qu'elle ne corresponde à aucune réalité biologique, de la très grande variabilité qui existe parmi ces mils.

On a déjà grâce à l'étude des cultivars rassemblés en collection une assez bonne idée de la variabilité naturelle qui existe à l'intérieur de l'espèce, en regard de nombreux caractères d'intérêt agronomique, tant morphologiques (grosseur du grain, longueur et grosseur des chandelles et des tiges, largeur et port des feuilles, aristation des chandelles, nombre moyen de talles productives par plante) que physiologiques (mode de sensibilité à la longueur du jour, dont dépend dans une grande mesure le degré de précocité des plantes; résistance des jeunes plantules à la sécheresse, résistance des plantes aux parasites: en particulier au sclerospora, au charbon provoqué par Tolyposporium penicillariae, à la rouille provoquée par Puccinia penniseti), que biochimiques (richesse du grain en lipides, en protéines et en certains acides aminés, pouvoir diastasique de la farine). Il ne fait pas de doute que cet inventaire de la variabilité naturelle qui existe à l'intérieur de l'espèce devra être encore largement poursuivi.

Mais le mil est une espèce allogame pour laquelle la collecte d'échantillons vraiment représentatifs des populations en place, et la conservation en collection du matériel récolté, posent, comme chez toutes les espèces allogames annuelles, des problèmes très compliqués. Il serait sans doute plus simple de créer une banque de gènes du mil que de vouloir entretenir une collection mondiale des différents mils cultivés, car il se produit inévitablement, et très rapidement, dans une telle collection des dérives génétiques. Les mils en collection ne s'identifient plus que fort peu, après quelques années de culture, avec les souches d'origine.

III- Objectifs généraux de la recherche sur les mils en Afrique

Quels sont les principaux problèmes que pose la culture du mil en Afrique?

Qu'a-t-on déjà fait pour tenter de les résoudre ?

III-1- Amélioration du rendement des mils

Le mil pénicillaire est une plante peu exigeante, s'accomodant de sols pauvres et secs. C'est aussi malheureusement une plante peu productive, du moins dans l'état actuel de sa culture en Afrique. Elle donne

en moyenne 500 kg de grain par ha, ce qui est extrêmement peu, surtout comparé au rendement du riz en Asie, ou à celui des céréales cultivées dans les pays tempérés.

L'augmentation du rendement en grain par unité de surface constitue indiscutablement, dans tous les pays d'Afrique où l'on cultive le mil, le problème le plus important et le plus urgent à résoudre. Ceci à plus forte raison encore si l'on ambitionne de faire un jour de la culture intensive des mils, dans le cadre d'une agriculture évoluée, où les mils occuperaient la place réservée à la céréale principale dans la rotation.

L'amélioration du rendement en grain ne se justifie pas seulement comme un moyen d'assurer une fourniture largement suffisante de la quantité de grain nécessaire pour satisfaire les besoins exprimés par les populations, dont le mil est la nourriture de chaque jour.

On conçoit qu'avec des rendements aussi bas que ceux des mils cultivés actuellement en Afrique, il faille consacrer en Afrique au mil, pour produire les quantités de grain nécessaire à la satisfaction des besoins exprimés, des surfaces de terrain qui sont exagérément grandes par rapport à celles que l'on consacre normalement aux céréales dans les systèmes agricoles évolués. C'est pourquoi l'amélioration du rendement en grain par unité de surface apparaît aussi comme le moyen de libérer une partie des surfaces exagérément grandes consacrées actuellement en Afrique à la culture du mil (ou(et) des temps de travail correspondants) au bénéfice d'autres cultures (ou(et) d'autres activités) plus rémunératrices que la culture du mil, dont le prix de revient du grain à la production est maintenu(et sera sans doute toujours maintenu) très bas par les gouvernements des pays concernés (9 à 10 F. CFA le kg au Niger, 18 à 22 f. CFA le kg au Sénégal) car il s'agit d'un produit vivrier de base.

Le rendement d'une plante étant, comme chacun sait, le produit de l'interaction du génotype de la plante (c'est à dire de sa structure héréditaire) et du milieu, il convient d'examiner quels sont les efforts qui ont pu être faits jusqu'à ce jour, et avec quel succès, pour provoquer une amélioration du rendement en grain des mils en Afrique, grâce d'une part à l'amélioration de la structure génétique des plantes, grâce d'autre part à l'amélioration des conditions dans lesquelles ils sont cultivés traditionnellement.

I- Efforts faits sur le plan agronomique

Les travaux de recherche agronomique qui ont été faits en Afrique, dans le but de déterminer quels sont les facteurs les plus favorables

pour conduire à de hauts rendements chez le mil, ont été surtout orientés :

I-1- en ce qui concerne les techniques culturales, vers les différents modes possibles de préparation du sol.

I-2- en ce qui concerne la fertilisation, vers la fumure azotée, considérée généralement comme le pivot de la fumure chez toutes les céréales. Ces études ont porté sur les doses optima, les modes d'application et les formes d'azote en fonction de la qualité texturale des sols, des régimes pluviométriques et des précédents culturaux.

Les résultats auxquels ont conduit ces différentes études, tant en ce qui concerne le travail du sol qu'en ce qui concerne la fertilisation, permettent d'avoir aujourd'hui une assez bonne idée sur les moyens à utiliser pour faire donner aux mils traditionnels leur maximum de production en matière sèche, donc corrélativement en grain. Mais on doit insister ici sur le fait que l'augmentation de la quantité de grain produite par ha, sous l'influence de l'emploi de ces différentes techniques agronomiques, est loin d'être à la mesure de l'augmentation de la quantité de matière sèche totale que cet emploi provoque.

Il faut nous rendre à l'évidence que les mils cultivés traditionnellement en Afrique sont en fait davantage des plantes fourragères que des céréales, et qu'elles utilisent la très grande capacité qu'elles ont de faire de la matière sèche (même sur des sols pauvres et secs) pour fabriquer des tiges et des feuilles plutôt que pour fabriquer du grain. Les quantités de matière sèche totale auxquelles on parvient en bonnes conditions de culture sont telles (près de 20 T dans certaines expériences conduites en Casamance) que si le rapport grain/matière sèche totale était du même ordre de grandeur chez les mils qu'il l'est chez les céréales des pays tempérés (c'est à dire voisin de 0,5), beaucoup de pays des zones sahélienne et soudano-sahélienne pourraient être considérés comme de véritables greniers à grain pour l'Afrique.

Certes, les augmentations de rendement en grain par ha que l'usage des techniques agricoles améliorées entraîne chez les mils actuellement cultivés en Afrique ne sont pas à dédaigner. Mais le plafond de rendement atteint ainsi, et le gaspillage en matière sèche non utilisable sous forme de tiges et de feuilles, sont tels qu'on peut difficilement concevoir d'introduire les mils cultivés traditionnellement en Afrique dans un système de culture perfectionné, où le mil jouerait le rôle de la céréale principale dans la rotation. Il est indispensable, pour ce faire, de disposer de mils qui produisent beaucoup moins de paille et beaucoup plus de grain.

2- Efforts faits sur le plan génétique pour tenter d'améliorer le rendement en grain des mils cultivés traditionnellement en Afrique:

Avouons d'emblée que les résultats obtenus jusqu'à présent n'ont guère été encourageants.

On peut trouver à ce ci plusieurs raisons:

1°/Les travaux qui ont été entrepris ont consisté surtout à tenter de relever le niveau de rendement moyen des populations locales par simple sélection à l'intérieur de celles-ci, sans enrichissement préalable à l'aide de gènes extérieurs. Or, l'expérience montre qu'en fait la variabilité interne de ces populations est beaucoup moins forte qu'on le soupçonne.

2°/On a surtout utilisé des méthodes de sélection massale, dont l'intérêt ne pouvait être forcément que très réduit, dès lors qu'on l'appliquait à des caractères qui n'avaient pas un degré d'héritabilité suffisant. On s'est beaucoup focalisé sur le rendement considéré en soi, dont on sait aujourd'hui qu'il s'agit d'un caractère dans la variance duquel il entre une très large part d'effets de dominance et d'épistasie, qui ne sont pas fixables par hérédité. Il est vraisemblable que les résultats auraient été meilleurs si on s'était attaché à faire la sélection sur les facteurs individuels du rendement que sont, par exemple, la longueur et la grosseur des chandelles, ou la grosseur des grains, c'est à dire sur des caractères dont on sait maintenant qu'ils doivent une grande part de leur variabilité à des effets additifs, les seuls fixables par hérédité.

Il y a eu aussi quelques tentatives de sélection recurrenente simple pour l'aptitude générale à la combinaison. Là non plus les résultats n'ont pas été ceux que l'on espérait. Je crois que cela tient en grande partie au fait que, pour que cette méthode soit efficace, il faut que les augmentations de rendement constatées imputables à l'hétérosis soient dues à des effets de dominance sans épistasie, ce que l'on sait maintenant ne pas être précisément le cas pour le rendement en grain chez le mil.

3°/une troisième et dernière raison, mais qui nous semble fondamentale, du peu de progrès que l'on ait pu faire par voie génétique dans l'amélioration du rendement en grain des mils cultivés traditionnellement en Afrique, est que ces mils ne sont pas susceptibles, tels qu'ils sont structurés, de fournir de très hauts rendements en grain. Ce sont, il faut insister à nouveau sur ce point, des plantes fourragères plus que des céréales. Le faible rendement en grain de ces mils, les faibles potentialités de rendement en grain de ces mils, tiennent au fait que les plantes utilisent la capacité qu'elles ont de fabriquer de la matière sèche pour

fabriquer des tiges et des feuilles, plutôt que pour fabriquer du grain, ainsi que nous l'avons déjà dit.

D'où l'idée que pour obtenir une augmentation substantielle de la production en grain de ces mils, il était nécessaire de concentrer les recherches en premier vers une amélioration du rapport grain/matière sèche totale chez ces mils.

L'amélioration du rapport grain/matière sèche totale (the harvest index des auteurs de langue anglaise) ne saurait être obtenue sans une profonde modification de la structure morphologique des plantes.

La diminution de la taille des plantes est évidemment un facteur très favorable pour l'amélioration du rapport grain/matière sèche totale. Mais ce serait une erreur de croire qu'il suffira d'introduire des gènes de nanisme dans les mils africains actuels pour résoudre entièrement le problème posé par la création de nouvelles variétés de mils, à haut rendement en grain, adaptées à un mode de culture intensif, dans le cadre d'une agriculture évoluée.

Les travaux de physiologie qui ont été faits au CRA de Bambeï au cours de ces dernières années, dans le but de définir ce qu'on peut appeler, avec C.M.DONALD(2) un "idéotype" de mil, adapté à ce nouveau genre de culture, ont montré que les mils cultivés devraient être corrigés aussi pour d'autres caractères que la taille, en particulier leur structure foliaire.

Il ressort des premiers travaux effectués par L.JACQUINOT à Bambeï sur ce sujet, mais non encore publiés, que:

1/- La matière sèche nécessaire à la formation du grain est fabriquée dans sa quasi totalité par l'activité photosynthétique de la plante après la floraison. Autrement dit, il n'y a pas de mise en réserve des produits de la photosynthèse obtenus avant la floraison en vue d'une utilisation ultérieure pour la formation du grain, sauf en de très faibles proportions.

2/- Seules, les feuilles supérieures de la plante (les 2 ou 3 feuilles les plus proches de la chandelle) participent à la formation du grain. Les feuilles différenciées au cours des premiers stades du développement de la plante servent uniquement à fabriquer les étages qui leur sont supérieurs; elles n'interviennent pratiquement pas dans la formation du grain. Elles sont même susceptibles dans certains cas d'ombrage mutuel trop intense, par exemple dans le cas d'un semis trop dense, ou de

plantes trop feuillues (du fait de la structure génétique de la plante, ou par suite d'une nutrition azotée trop forte) d'avoir un effet dépressif sur la formation du grain.

Ceci conduit à un premier modèle de plante, caractérisé à la fois par:

- une taille basse
- un nombre d'étages foliaires beaucoup plus réduit que celui qu'on dénombre sur les mils actuels.
- une géométrie du feuillage telle qu'il y ait le minimum d'ombrage mutuel entre les feuilles.

On espère pouvoir préciser, dans la suite du travail, le sens dans lequel il conviendrait de faire évoluer aussi d'autres caractères.

Il est vraisemblable que les nouvelles variétés créées dans cette vue auront des exigences agronomiques différentes de celles des mils traditionnels. Les exigences minérales seront sans doute qualitativement identiques, mais elles se manifesteront vraisemblablement à des époques différentes de la vie de la plante, et selon des intensités différentes elles aussi, et sans doute plus élevées. De même, il est probable que ces variétés seront moins bien adaptées que les variétés traditionnelles à subir la concurrence des mauvaises herbes, surtout dans leur jeune âge, et qu'elles exigeront des modes de préparation du sol et des modes de semis également différents de ceux des variétés actuelles. Autrement dit, il y aura à établir par la suite tout un nouveau programme d'agronomie.

III-2-Amélioration des caractéristiques technologiques et chimiques du grain

Si le rendement en grain par unité de surface reste l'objectif majeur des sélectionneurs et des agronomes, peut-être sera-t-il bon d'accorder également dans les travaux futurs d'amélioration du mil en Afrique une attention particulière aux caractéristiques technologiques et chimiques du grain.

Des travaux récents effectués en Inde sur la richesse en protéines du mil et sur le spectre des acides aminés présents dans le grain, ont révélé qu'il existait une large variation de la richesse en protéines du grain selon les variétés, (On a noté des teneurs en protéines allant de 8 à 20% dans les variétés analysées); et que si le grain était particulièrement riche en tryptophane, il était par contre souvent déficient en lysine. Il y aurait

un grand intérêt à essayer de corriger ce défaut, c'est à dire chercher à accroître le taux de la lysine, mais sans diminuer pour autant celui du tryptophane. C'est ce que l'on a commencé à chercher en Inde, où l'on fonde de grands espoirs, pour résoudre ce problème, sur la technique de production expérimentale des mutations (3).

Cet objectif de travail mérite d'autant plus d'être prise en considération que, comme le signale un rapport rédigé en 1968 par l'un des Comités consultatifs de l'UNESCO, et publié sous le titre " Action internationale pour écarter la menace d'une crise de protéines", le monde se trouve placé devant une crise de plus en plus grave qui menace une partie de sa population. Des mesures doivent être prises maintenant pour rétablir, avant qu'il soit trop tard, l'équilibre entre la population et les productions alimentaires. L'une d'entre elles (proposition n°4 du rapport cité) serait d'obtenir et de cultiver rapidement des plantes génétiquement améliorées à haute teneur en protéines. Surtout dans les pays en voie de développement où, selon ce rapport, la plupart des protéines consommées par les habitants proviendraient des céréales essentielles. C'est ce que nous tenterons de faire au cours des prochaines années à Bambeby.

Le mil est utilisé en Afrique uniquement sous forme de bouillies semi liquides ou de couscous. Sa farine n'est pas panifiable. Ceci peut constituer à long terme un handicap pour la culture du mil, encore que des travaux récents effectués à l'Institut de technologie alimentaire de Dakar aient montré qu'il n'était pas impossible de faire du pain en mélangeant une quantité relativement importante de farine de mil à la farine du blé. Le handicap technologique le plus grand pour la culture du mil reste certainement actuellement le fait que, pour utiliser le mil, il faut piler le grain, tâche quotidienne très astreignante qui disparaît lorsqu'on consomme du riz. Aussi voit-on le riz supplanter peu à peu, surtout dans les villes, le mil traditionnel, dans beaucoup de régions des zones sahélienne et soudano-sahélienne. Car, ainsi que le fait remarquer le responsable de l'article 'Sénégal' dans "Afrique 70", numéro spécial de la revue "Jeune Afrique", "...si la pileuse de mil est un thème à succès pour la philatélie et les photos touristiques, les principales intéressées trouvent moins de charme à cette opération". Nous ne pensons pas que ce handicap puisse être suffisant pour condamner, même à long terme, la culture du mil en Afrique, mais il serait cependant souhaitable de mettre assez rapidement au point un système qui supprime cette corvée. Il existe certes déjà des moulins à mil mais ceux-ci n'évitent pas l'obligation pour les femmes de procéder d'abord à un premier pilage humide du grain, car les moulins actuellement vulgarisés ne permettent pas de séparer le son du grain.

IV- Principes et méthodes d'amélioration du mil

Comme les travaux de génétique semblent devoir prendre le pas au cours des prochaines années sur les travaux d'agronomie, en Afrique du moins, je voudrais terminer cet exposé par un aperçu très général des méthodes d'amélioration que les recherches de génétique, faites au cours de ces dernières années sur le mil (principalement en Inde et aux USA) permettent de considérer comme celles qui devraient conduire aux meilleurs résultats.

Le mil est, du fait de sa protogynie, une plante chez laquelle les possibilités naturelles de fécondation croisée dominant largement sur celles d'autofécondation. Il est cependant possible de soumettre la plante à un régime d'autofécondation exclusif, ceci durant plusieurs générations successives.

Les effets produits par l'autogamie sont, dans l'ensemble, du même genre que ceux que l'on observe chez d'autres espèces allogames, mais les effets dépressifs produits sur la vigueur des plantes sont loin d'être aussi néfastes que chez le maïs par exemple.

S'il est vrai qu'on trouve, dans les descendance autofécondées de mil, des lignées dont la capacité germinative, le degré d'énergie des plantules, et l'aptitude à produire des graines sont tellement diminuées que ces lignes ne peuvent être maintenues qu'avec les plus grandes difficultés, il existe aussi, par contre, des descendance dont la production en grain peut ne pas être inférieure à celle des populations d'origine, et leur est même supérieure dans certains cas. Ce résultat prouve qu'il n'est pas impossible d'envisager la création de combinaisons génétiques stables à haut rendement chez le mil, bien qu'on ait affaire à une plante allogame. Les très bons résultats cultureux obtenus en Inde avec la variété D174 sélectionnée à la station de Coimbatore, dans la descendance de l'hybride D2 x IP 81, témoignent du bien fondé de cette hypothèse(4). Une telle réussite est malgré tout exceptionnelle, et il est probable que l'on a quand même plus de chance d'aboutir à de plus hauts rendements chez le mil en utilisant des méthodes de travail basées sur l'exploitation de l'hétérosis qui se manifeste chez cette espèce, comme chez toute espèce allogame.

On s'est beaucoup intéressé à juste titre en Inde, au cours de ces dernières années, et plus particulièrement au Centre de Ludhiana, au mécanisme génétique de l'hétérosis lié à la production en grain chez le mil. Les résultats obtenus mènent à une conclusion assez voisine de celle à laquelle était parvenu BURTON, à la suite des études qu'il avait entreprises quelques années auparavant aux USA, où le mil est considéré comme

une plante fourragère, sur le mécanisme génétique de l'hétérosis lié à la production de cette plante en fourrage. BURTON avait trouvé que l'hétérosis lié à la production du mil en fourrage est associé très étroitement à l'état d'hétérozygotie, et que la part de la variance due aux effets additifs, les seuls fixables par l'hérédité, ne représenterait que 40% du total de celle-ci, ce qui conduit à préconiser la création d'hybrides F1 comme l'un des meilleurs moyens à mettre en oeuvre pour obtenir de hauts rendements fourragers (5, 6, 7).

Les travaux faits en Inde sur le rendement en grain des mils s'accordent généralement pour conclure également que la part de la variance due aux effets non additifs l'emporte nettement sur celle due aux effets additifs, et que l'aptitude spécifique à la combinaison constitue un critère beaucoup plus important que l'aptitude générale à la combinaison pour la recherche d'un meilleur rendement, mais avec cette réserve cependant que le rendement en grain soit considéré comme un tout (8-9)

Si, au lieu de considérer le rendement lui-même, on considère les différentes composantes de ce rendement (la longueur et la grosseur de la chandelle, la grosseur des graines, le nombre de chandelles par plante etc..), on constate que l'aptitude générale à la combinaison constitue, pour la plupart des caractères étudiés, un critère d'amélioration, beaucoup plus utile que l'aptitude spécifique(10).

Ceci signifie que, dans les schémas d'amélioration basés sur une exploitation de l'hétérosis chez le mil, qu'il s'agisse de la création d'hybrides F1 ou de la constitutions de populations synthétiques, il y aura intérêt à doter les lignées susceptibles d'être utilisées du maximum de gènes complémentaires favorables à l'expression des caractères individuels qui entrent dans la composition du rendement.

Les travaux effectués au cours de ces dernières années à Ludhiana ont du reste montré que le degré d'hétérosis des hybrides était effectivement généralement beaucoup plus élevé dans les croisements où l'un des deux parents avait une bonne aptitude générale à la combinaison, que dans ceux où aucun des deux parents ne possédait cette caractéristique(II).

La constitution d'hybrides commerciaux est certainement la meilleure façon d'exploiter l'hétérosis lorsqu'il y en a. Mais la création d'hybrides commerciaux est une opération généralement coûteuse, quand on a affaire à des plantes à fleurs bisexuées, et qu'on ne dispose pas de souches mâles stériles cytoplasmiques. Ce n'est heureusement pas le cas chez le mil: on connaît actuellement 3 souches différentes de mâles stériles cytoplasmiques.

L'analyse des différents croisements effectués entre les 3 souches mâles stériles existantes, leurs mainteneurs de stérilité et leurs restaurateurs de fertilité a conduit BURTON et ATHWAL(12) à admettre que les trois souches mâles stériles existantes auraient des cytoplasmes stériles différents, et qu'il y aurait pour chaque cytoplasme stérile une paire spécifique d'allèles MS-ms de restauration de la fertilité ou de maintien de la stérilité; les trois couples d'allèles MS-ms occuperaient des loci différents et agiraient indépendamment les uns des autres. On conçoit, dans ces conditions, qu'on puisse trouver dans un même génotype les gènes *ms1* responsables du maintien de la stérilité dans un cytoplasme donné AI, et les gènes MS2 responsables de la restauration de la fertilité dans un autre cytoplasme A2. Ceci ouvre évidemment des horizons très intéressants pour l'amélioration du mil. On peut imaginer de nombreuses combinaisons de travail, soit pour la création de populations synthétiques, chez lesquelles il sera possible de maintenir un état généralisé d'hétérozygotie pendant beaucoup plus longtemps que dans un synthétique ordinaire, soit pour la création d'hybrides doubles qui sont un excellent moyen d'utiliser à la fois les effets génétiques additifs et les effets génétiques non additifs, soit pour la constitution d'hybrides simples de valeur sans cesse plus élevée, à partir de souches progressivement améliorées l'une et l'autre, et l'une par rapport à l'autre, grâce à une sélection récurrente réciproque. BURTON et ATHWAL (13) ont exposé avec beaucoup de détails la réalisation d'un tel schéma, dont l'intérêt n'est pas contestable, compte tenu de la façon dont le rendement en grain est contrôlé génétiquement chez le mil.

On peut se demander toutefois dans quelle mesure la création de populations hybrides F1, même si cette technique est celle qui a le plus de chances de conduire à des rendements élevés en grain chez le mil, est une technique dont l'emploi peut être recommandé dès maintenant pour l'amélioration du mil en Afrique.

L'exploitation des hybrides ne se justifie que si l'on est assuré de pouvoir effectuer annuellement le renouvellement des graines de semence. On est obligé de constater que la plupart des pays africains concernés par la culture du mil manquent malheureusement encore totalement de l'infrastructure nécessaire pour assurer la multiplication et la distribution de semences améliorées.

C'est pourquoi il serait sans doute plus prudent, tant qu'une telle organisation n'est pas prévisible, d'orienter le travail d'amélioration des mils en Afrique vers la création de populations synthétiques qui, si elles n'ont pas un rendement aussi élevé que celui des hybrides simples au cours de leur première année de culture, ont du moins l'avantage sur

ceux-ci de continuer à manifester des rendements suffisamment élevés, au cours des deux ou trois générations suivantes, pour qu'on puisse prévoir de faire le renouvellement des semences seulement tous les 3 ou 4 ans.

0
0 0
0

Voilà assez brièvement exposé, quels sont quelques uns des principaux problèmes qui se posent à propos de la culture des mils et quelles sont quelques unes des directions de travail possibles.

Mais il y a une question que nous ne nous sommes pas encore posée, bien que ce soit une question capitale. Je l'ai gardée volontairement pour la fin: Quel est l'avenir de la culture des mils en Afrique ?

A vrai dire je n'en sais rien. Cela dépend:

1.- Du rôle économique que les autorités gouvernementales des Etats concernés par la culture du mil, entendent donner à cette production.

2.- Des efforts qu' pourront être consentis pour faire évoluer les techniques agricoles en cours.

Si les systèmes de culture et les modes d'exploitation du sol doivent demeurer encore longtemps ce qu'ils sont actuellement, il est, à mon avis, inutile de développer de nouveaux programmes de recherches coûteux sur le mil. Il faut commencer par vulgariser d'une façon aussi large que possible, les techniques de culture et de fertilisation qui ont déjà fait leurs preuves en Stations. Il ne faut surtout pas chercher à modifier la morphologie et la physiologie des mils actuels car les mils qui existent actuellement ont une structure morphologique et une physiologie qui sont parfaitement adaptées aux conditions de la culture traditionnelle, même d'une culture traditionnelle améliorée.

Si par contre on a la certitude (comme c'est le cas dans certains pays dont le Sénégal) qu'il sera possible de passer assez rapidement (disons dans un délai de 10 à 15 ans) à une agriculture vraiment évoluée où le mil jouerait le rôle de la céréale principale dans la rotation, il est alors nécessaire de poursuivre et de développer les recherches sur le mil. C'est surtout dans cette optique qu'a été pensé l'exposé que je viens d'avoir l'honneur de vous faire. C'est dans cette optique que j'ai été amené à définir un certain nombre de directions de travail que je sou mets maintenant à votre réflexion.

BIBLIOGRAPHIE

- 1.- A.F. BILQUEZ, 1969
Agronomie tropicale 24 (3) : 249 - 257
- 2.- C.M. DONALD, 1968
Euphytica 17 (2): 385 - 403
- 3.- M.S. SWAMINATHAN et al., 1970
Symposium on Plant protein resources, IAEA/SM-132/30
- 4.- MURTY et TIWARI, 1967
Indian J. Genet. 27 - 226-237
- 5.- G. BURTON, 1950
Agron. J. 51 : 479-481
- 6.- G. BURTON, 1968
Crop. Sci. 8 : 229-230
- 7.- G. BURTON, 1968
Crop. Sci. 8 : 365-368
- 8.- K.S. BAINS, D.S. ATHWAL et V.P. GUPTA, 1967
J. Res. Punjab Agric. Univ. Ludhiana 4:343-347
- 9.- M. MAHADEVAPPA, 1968
Proc. Indian Acad. Sci. Sect. B 67:180-186
- 10.- S.C. POKHRIYAL, K.S. MANGATH et S.B.P. RAO, 1967
Indian Agric. 11: 55-61
- 11.- K.S. BAINS, D.S. ATHWAL et V.P. GUPTA, 1967
J. Res. Punjab Agric. Univ. Ludhiana 4: 192-196
- 12.- G. BURTON et D.S. ATHWAL, 1967
Crop. Sci. 7:209-211
- 13.- G. BURTON et D.S. ATHWAL, 1968
Crop. Sci. 8:632-634