

METHODES D'AMELIORATION DES MILS

Rapport de synthèse présenté
par A.F. BILQUEZ
au cours de la réunion du Groupe de travail réunis par
l'IRAT à Ouagadougou - 22 - 27 septembre 1969
sur l'amélioration du sorgho et du petit mil en Afrique.

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 28135

Cote : B

METHODES D'AMELIORATION DU MIL

Le sélectionneur dispose de différentes méthodes de travail dont le bon usage dépend à la fois:

- 1° - du mode de reproduction de la plante et de la façon dont celle-ci réagit vis à vis des différents systèmes d'autofécondation et de croisement.
- 2° - des buts à atteindre qui peuvent être, soit d'homogénéiser une population donnée en fonction d'un caractère donné dont la valeur moyenne est conservée, soit de modifier au contraire la valeur moyenne d'un caractère donné ou, de corriger un défaut de la plante.
- 3° - du degré de variabilité génétique interne dont font preuve les populations, et aussi de la diversité génétique qui existe entre elles.
- 4° - de la façon dont sont régis les caractères qu'on veut améliorer, en particulier pour les caractères quantitatifs qui sont l'objet le plus fréquent des projets d'amélioration, de la façon dont la variance qui les caractérise se décompose en effets additifs, (les seuls fixables par l'hérédité), en effets de dominance ou, en effets d'épistasie
- 5° - enfin, des conditions dans lesquelles le matériel amélioré peut être multiplié et mis à la disposition des agriculteurs.

Nous nous contenterons d'examiner dans cette note, les seuls points pour lesquels le mil peut donner lieu à une réflexion particulière.

Nous étudierons successivement dans une première partie:

- 1-1. - les effets produits par l'autogamie chez le mil.
- 1-2. - l'hétérosis chez le mil.
- 1-3. - la façon dont les principaux caractères d'intérêt agronomique qui ont déjà été étudiés, apparaissent contrôlés génétiquement, en particulier la façon dont la variance qui les caractérise se décompose en ses différents éléments.

Nous examinerons ensuite dans une deuxième partie quelles sont les différentes méthodes d'amélioration que les résultats exposés dans la première partie de cette note, conduisent à retenir de préférence à d'autres.

Nous terminerons par l'examen de quelques aspects particuliers du travail, liés au fait que l'on utilise le mil plutôt qu'une autre plante: production de graines autofécondées - production de graines hybrides - utilisation de la stérilité mâle.

Première partie

1.1. EFFETS PRODUITS PAR L'AUTOGAMIE CHEZ LE MIL.

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 les autres espèces allogames mais les effets dépressifs produits sur la vigueur des plantes et sur la production en graines sont loin d'être aussi néfastes que chez le maïs où on n'a jamais récupéré de descendance autofécondée qui soient aussi productives que la souche de départ et où le rendement en graines, après 3 générations successives d'autofécondation, tombe généralement au tiers de celui de la souche d'origine (JONES 1939. Genetics 24:462-473).

S'il est vrai qu'on trouve dans les descendance autofécondées le mil des lignées dont la capacité germinative, le degré d'énergie des plantules et l'aptitude à produire des graines sont tellement diminués que ces lignées ne peuvent être maintenues qu'avec les plus grandes difficultés, il existe aussi par contre des descendance dont la production en graines peut ne pas être inférieure à celle des populations d'origine et leur est même supérieure dans certains cas. POKHRIYAL, RAO, MANGATH et RAJPUT (1966- Indian J. Genet. 26:210-216) ont par exemple trouvé, au cours de leur étude sur les effets produits par l'autogamie sur la variété Pusa-Moti, que bien qu'il y ait eu, après 1, 2, et 3 générations successives d'autofécondation, une baisse progressive des rendements en grains de 19%, 25% et 33% en moyenne sur l'ensemble des lignées obtenues à chaque génération, il a quand même été possible de récupérer, après 3 générations d'autofécondation, 4 descendance dont le rendement était aussi bon, et même numériquement meilleur que celui de la variété d'origine Pusa-Moti. MURTY et TIWARI (1967- Indian J. Genet. 27:226-237) font également mention d'un recombinant qui aurait été isolé dans la descendance autofécondée de l'hybride D2 x I.P. 81, et dont le rendement serait supérieur non seulement à celui de ses deux parents mais même à celui du HB (1) qui est la meilleure combinaison hybride F(1) distribuée actuellement aux Indes.

Ces résultats n'ont rien de surprenant. On a déjà signalé la possibilité d'obtenir des descendance autofécondées dont la production ne le cédait en rien à celle des populations libres chez d'autres espèces allogames : l'oignon (Jones et Davis 1944. USDA. Tech. Bull. 874) et le brome (MURPHY et ATWOOD 1953. Agron. J. 45:24-28) par exemple.

Des résultats tels que ceux obtenus par POKHRIYAL, RAO, MANGATH et RAJPUT ou par MURTY et TIWARI prouvent simplement qu'il y a chez le mil, ou du moins dans certaines populations de mil, une part importante de la variance attachée au rendement en graines de la plante qui est due à des effets additifs.

La création de nouvelles combinaisons génétiques stables peut être, comme le prouvent les exemples cités, un moyen efficace d'amélioration génétique du rendement en graines chez le mil. MURTY et /aussi TIWARI pensent même que ce moyen peut être un moyen/efficace que la création d'hybrides F(1), qui est considérée par certains sélectionneurs comme la seule méthode qui puisse permettre d'aboutir à de très hauts rendements en grains chez le mil, parce qu'étant la seule qui permette de faire une exploitation maximum de l'hétérosis qui apparaît dans cette espèce.

1.2. L'HETEROSIS CHEZ LE MIL

Il n'y a pas de doute qu'on trouve chez le mil des hybrides F(1) dont la production en graines l'emporte sur celle de leurs deux parents et aussi sur celle des populations d'où ces deux parents tirent leur origine.

On pourrait citer de nombreux exemples : depuis les premiers hybrides créés dans un but de maximisation des rendements dans certaines régions des Indes par RAO, NAMBIAR et MENON (1951. Madras agric. J. 38. 95-100) et par CHAVAN, PATIL et CHAUDHARI (1955. Poona. agric. Coll. Mag. 46:148-150) bien avant que le développement des lignées mâles steriles chez le mil ait permis de concevoir une large utilisation commerciale des hybrides, jusqu'aux dernières combinaisons F(1) faites à partir de lignées mâles stériles, comme le HB(1) développé par le Dr ATHWAL au Centre Universitaire Agricole de Ludhiana au Punjab (ATHWAL 1966. Indian J. Genet. 23A : 73-85). et dont la culture a été recommandée sur une vaste portion du territoire des Indes.

Ce serait cependant une erreur de croire qu'il y a systématiquement une plus-value de la production en graines chez les F(1) de mil par rapport à leurs deux parents, et surtout par rapport aux deux populations d'où ces deux parents tirent leur origine, ce qui est essentiel sur le plan

pratique car il ne suffit pas de gommer simplement par hybridation les effets dépressifs de l'autogamie. Les combinaisons favorables sont beaucoup moins fréquentes que ne pourraient le laisser penser les résultats publiés par DURAND (DURAND 1961. Agron. Trop. 16:255-258) qui, sous prétexte d'avoir observé une plus-value de rendement par rapport aux seules lignées d'origine 9 top crosses sur 10 réalisés entre 10 lignées différentes et un même testeur, conclut qu'il y a hétérosis dans 9 sur 10 des populations hybrides obtenues, alors que le rendement de ces hybrides n'excède en réalité celui du testeur que dans 2 cas seulement sur 10, dont un où la lignée considérée provenait du testeur lui-même.

AHLUWALIA (1962 Indian J. Genet. 22:260-262), étudiant les hybrides provenant du croisement de 4 variétés indiennes et de 2 mils du Ghana, n'a pu trouver qu'un seul hybride sur les 15 possibles qui manifestât de l'hétérosis; les 14 autres F(1) montraient au contraire ce que l'auteur appelle "une superdominance négative", leur production de graines se situant en dessous de la moyenne calculée de leurs deux parents.

Les premières études approfondies que l'on ait faites sur le mécanisme de l'hétérosis chez le mil ont été faites par BURTON en 1950 (Agron. J. 51:479-481) aux U.S.A. où le mil est considéré surtout comme une plante fourragère. Aussi a-t'il fait porter ces études, non sur l'hétérosis lié à la production de graines, mais sur celui lié à la production de fourrage. Les recherches effectuées, qui ont donné lieu à plusieurs autres publications du même auteur par la suite (BURTON 1968 Crop. Sci. 8:229-230; 365-368), conduisent à la conclusion que l'hétérosis lié à la production fourragère chez le mil est associé très étroitement à l'état d'hétérozygotie; de la part de la variance due aux effets additifs, les seuls fixables par l'hérédité ne représenterait que 44% du total de celle-ci; ce qui, selon BURTON plaide nettement en faveur de la création d'hybrides F(1) comme moyen à mettre en oeuvre pour améliorer la production fourragère chez le mil.

MAHADEVAPPA a trouvé que, de même que dans le cas de la production fourragère, la part de la variance due aux effets non additifs l'emporte également nettement sur celle due aux effets additifs dans le cas de la production de graines. (MAHADEVAPPA 1967. Madras Agric. J. 54:452-457). Il a trouvé en outre, conséquence tout à fait logique, que l'aptitude spécifique à la combinaison constitue, pour la recherche des combinaisons ayant une plus forte production de graines, un critère beaucoup plus important que l'aptitude générale à la combinaison (MAHADEVAPPA 1968. Proc. Indian Acad. Sci. Sect. B. 67:180-186). (AHLUWALIA et PATNAIK Indian J. Genet 1963. 23:34-38) avaient déjà trouvé que les combinaisons spécifiques

constituaient une part importante de la variation observée pour le rendement en grains chez les hybrides qu'ils avaient étudiés. C'est aussi la conclusion à laquelle sont parvenus BAINS, ATHWAL et GUPTA (1967 J. Res. Punjab agric. Univ. Ludhiana; 4:343-347) mais avec cette précision supplémentaire que le résultat énoncé (l'intérêt plus grand de l'aptitude spécifique à la combinaison) n'est valable que si on considère le rendement en graines comme un tout. Si on prend en considération les différentes composantes du rendement, au lieu du rendement lui-même, l'aptitude générale apparaît par contre plus utile que l'aptitude spécifique, comme l'ont constaté également POKHRIYAL, MANGATH et RAO (1967. Indian Agric. II:55-61); ce qui signifie qu'une part importante de la variation qui caractérise les différents composants du rendement est due à des effets additifs. Nous vérifierons dans quelle mesure cette hypothèse est exacte quand nous ferons ultérieurement le point des connaissances que l'on a sur le déterminisme génétique de ces caractères.

Les différents résultats acquis dans l'étude de l'hétérosis lié à la production de graines conduisent à la conclusion que, si l'exploitation d'hybrides F1 faits à partir de parents choisis pour leur bonne aptitude spécifique à la combinaison est un excellent moyen de parvenir à une production de graines élevée, il paraît cependant souhaitable que les parents utilisés aient été dotés au préalable du maximum de gènes dominants complémentaires favorables pour les caractères qui composent le rendement, et dont la variation comporte une large part d'additivité.

BAINS, ATHWAL et GUPTA (1967 J. Res. Punjab agric. Univ. Ludhiana 4:192-196) ont du reste trouvé que le degré d'hétérosis des hybrides était généralement plus élevé dans les combinaisons où l'un des parents avait une bonne aptitude générale à la combinaison que dans celles où aucun des parents ne possède cette caractéristique. Mais le croisement de deux parents ayant l'un et l'autre une très haute aptitude générale à la combinaison ne conduit pas obligatoirement, selon NANDA et GUPTA (1967. J. Res. Punjab agric. Univ. Ludhiana 4:343-347), à une combinaison dont l'hétérosis est supérieur à celui d'une combinaison dans laquelle il n'y a seulement qu'un des parents qui ait cette caractéristique.

1.3. CONNAISSANCE DU DETERMINISME GENETIQUE DES PRINCIPAUX CARACTÈRES AYANT UN INTERET AGRONOMIQUE CHEZ LE MIL

A- Caractères liés à la production du grain

A.1. Longueur de la chandelle

Sources bibliographiques : BURTON 1951. Agron. J. 43:409-417; JAIN, AHLUWALIA, SHANKAR, JOSHI. 1961. Indian J. Genet. 21:175-184; AL FAKHRY, GROGAN, SARVELLA. 1965. Z. Pflanzenz 54:182-187; MURTY, TIWARI, HARINARAYANA. 1967. Indian J. Genet. 27:238-245; LAL et SINGH 1968. Indian J. Genet. 28:190-195; GUPTA et NANDA 1968 J. Res. Punjab agric Univ. Ludhiana 5:1-5; BILQUEZ 1968. Rap. ann. ORSTOM. GILL, GUPTA, NAGI. J. Res. Punjab. agric. Univ. Ludhiana 1968. 5:37-40.

Caractère à très forte héritabilité d'après BURTON (1951) et JAIN et al (1961); de nature polygénique (1 à 7 gènes dans les croisements étudiés par AL FAKHRY et al, 1 à 4 dans ceux étudiés par BILQUEZ).

L'expression du caractère en F1 varie selon les croisements étudiés : les chandelles F1 sont plus longues que celles du parent à chandelle la plus longue dans les croisements étudiés par BURTON (1951) et par MURTY et al (1967). Elles sont d'une longueur qui ne diffère pas significativement de celle du parent à chandelle la plus longue dans les croisements étudiés par AL FAKHRY et al (1965) et par LAL et SINGH (1968). Elles sont d'une longueur plus ou moins intermédiaire entre celle des deux parents, avec une déviation qui peut se faire aussi bien vers la chandelle la plus longue que vers la chandelle la plus courte, dans les croisements étudiés par JAIN et al (1961) par BILQUEZ (1968) et par GILL et al (1968).

BILQUEZ (1968) a constaté en outre que les valeurs moyennes F1 et F2 pouvaient différer très significativement l'une de l'autre, en fonction du sens du croisement dans certaines des combinaisons étudiées.

La part due aux effets additifs dans la variance F2 apparaît prédominante dans tous les croisements où on a fait une analyse de celle-ci (JAIN et al 1961; MURTY et al 1967; LAL et SINGH 1968; GUPTA et NANDA 1968), et ceci quelles que soient les diverses façons dont le caractère se soit exprimé en F1.

A.2. Grosseur de la chandelle

Sources bibliographiques: JAIN, AHLUWALIA, SHANKAR, JOSHI 1961. Indian J. Genet. 21:175-184; AHLUWALIA et PATNAIK 1963. Indian J. Genet 28:190-195; Gupta et Nanda 1968. J. Res Punjab agric. Univ. Ludhiana 5:1-15.

Caractère à très forte héritabilité d'après JAIN et al (1961). Les chendelles F1 sont de grosseur intermédiaire entre celles des deux parents dans les croisements étudiés par JAIN et al (1961) et dans ceux étudiés par LAL et SINGH (1968); elles sont de grosseur équivalente à celle du parent à plus grosse chandelle dans les croisements étudiés par MURTY et al (1967); de grosseur supérieure par AHLUWALIA et PATNAIK (1963).

La décomposition de la variance aboutit également à des résultats différents selon les auteurs. Dans les croisements étudiés par JAIN et al (1961) et dans ceux étudiés par GUPTA et NANDA (1968), les effets additifs seraient responsables de la plus grande partie de la variation observée en F2. Dans ceux étudiés par AHLUWALIA et PATNAIK (1963) et dans ceux étudiés par LAL et SINGH (1968), il y aurait une part importante de la variance F2, qui serait due à des effets d'épistasie, mais la part due aux effets additifs resterait cependant très importante. Dans les croisements étudiés par MURTY et al (1967), la part due aux effets non additifs apparaît par contre nettement supérieure à celle due aux effets additifs.

A.3. Grosseur des graines.

Sources bibliographiques : MAHADEVAPPA et PONNAIYA. Madras agric. J. 53:398-409; GUPTA et NANDA 1967. J. Res. Punjab agric Univ. Ludhiana 4:488-491; LAL et SINGH 1968. Indian J. Genet. 28:190-195; BILQUEZ et LECOMTE 1969. Agron. Trop. 24:249-257.

La grosseur des grains est exprimée dans toutes les études qui ont été faites sur l'hérédité de ce caractère par le poids d'un nombre de graines, variable selon les auteurs: 100 graines pour BILQUEZ (1969), 250 graines pour LAL et SINGH (1968), 1000 graines pour MAHADEVAPPA et PONNAIYA (1967).

Les résultats obtenus diffèrent considérablement selon que les croisements étudiés mettent en jeu des géniteurs qui sont tous deux des mils cultivés ou qu'on utilise comme géniteur un mil cultivé et un mil non cultivé.

En ce qui concerne ce dernier type de croisement, BILQUEZ et LECOMTE (1969) ont trouvé que les différences de grosseur de graine qui existent entre les mils cultivés et les mils non cultivés à très petites graines, appartenant à la sous espèce violaceum, sont contrôlées essentiellement par des gènes additifs sans dominance.

L'étude des différences de grosseur de graine qui existe entre mils cultivés fait apparaître par contre dans tous les cas étudiés, des relations complexes d'épistasie. Pour GUPTA et NANDA (1967), il y aurait dominance partielle et épistasie. Pour LAL et SINGH (1968): dominance complète du grain le plus gros sur le plus petit et épistasie.

A. 4. Densité de répartition du grain sur la chandelle

Sources bibliographiques : GUPTA et NANDA 1967. J. Res. Punjab agric. Univ. Ludhiana 4:488-491. MAHADEVAPPA 1968. Proc. Indian Acad. Sci. Sect. B. 68:181-189.

Les auteurs s'accordent pour trouver qu'il y a en F2 une large part d'épistasie mais accompagnée pour GUPTA et NANDA (1967) de dominance partielle et pour MAHADEVAPPA (1968) de superdominance.

A. 5. Nombre des chandelles par plante.

Le nombre des chandelles par plante dépend à la fois du nombre des talles et du nombre des rameaux secondaires qui peuvent apparaître sur chacun d'eux. Ce dernier caractère semble être un facteur important du rendement chez quelques variétés comme le HB I. Cependant, la plupart des études entreprises sur l'hérédité du nombre de chandelles par plante ne tiennent compte, généralement, que du nombre des talles, sans doute parce que les variétés utilisées ont une forte dominance apicale.

A. 5. 1. Nombre de chandelles correspondant au nombre de talles.

Sources bibliographiques: BURTON 1951 Agron. J. 43:409-417; AHLUWALIA, SHANKAR, JAIN et JOSHI 1962. Indian J. Genet. 22 :45-53; MURTY, TIWARI, HARINARAYARANA 1967. Indian J. Genet. 27:238-245; GUPTA et NANDA 1968. J. Res. Punjab agric. Univ. Ludhiana 5:1-5; LAL et SINGH 1968. Indian J. Genet. 28:190-194. MAHADEVAPPA 1968 Proc. Indian Acad. Sci. Sect. B 68:181-189. GILL, GUPTA, NAGI. J. Res. Punjab agric. Univ. Ludhiana 1968. 5:37-40.

Caractère très influencé par le milieu et de faible héritabilité (BURTON 1951). La caractéristique de comporter peu de talles par plante serait dominante sur celle d'en comporter beaucoup, pour BURTON (1951) et pour AHLUWALIA et al(1962). La F1 aurait par contre une valeur

intermédiaire pour LAL et SINGH (1968).

Alors que, dans les croisements étudiés par AHLUWALIA et al (1962), par MURTY et al (1967) et par MAHADEVAPPA (1968), les effets d'épistasie constituent la part la plus importante de la variance observée pour ce caractère en F2, la part la plus importante dans la variation observée en F2, dans les croisements étudiés par LAL et SINGH (1968) et par GUPTA et NANDA (1968), serait due au contraire à des effets additifs, aux quels s'ajouterait seulement un peu d'épistasie. GILL et al (1968) n'observent par contre aucun effet d'épistasie mais en revanche de la superdominance.

A. 5. 2. Nombre de chandelles dues au développement de ramifications secondaires sur les talles.

LAL et SINGH (1968, Indian J. Genet. 28:190-194) sont jusqu'à présent les seuls à avoir publié des résultats sur l'hérédité du nombre des rameaux par talle. Ils ont constaté, à la F1 du croisement étudié, un fort effet d'hétérosis mais suivi en F2 d'un effet dépressif tel que le nombre moyen des rameaux par talle se retrouve inférieur à celui du parent le moins ramifié, ce qui dénote la présence d'une part importante d'interactions non alléliques.

B- Caractères liés à la production de paille

B. 1. Capacité de tallage de la plante
voir les conclusions exposées en A. 5. 1.

B. 2. Ramification des talles
voir les conclusions exposées en A. 5. 2.

B. 3. Grosseur des talles.

Sources bibliographiques : BURTON 1951. Agron. J. 43:409-417;
AL FAKHRY, GROGAN, SARVELLA 1965 Z. Pflanzenz. 54:182-187;
MAHADEVAPPA et PONNAIYA 1966. Madras agric. J. 53:398-409;
LAL et SINGH 1968. Indian J. Genet. 28:190-195; BILQUEZ et
LECOMTE 1969. Agron. Trop. 24:249-257.

On se contente généralement d'étudier la grosseur du maître brin.

Le diamètre des talles des plantes F1 apparaît tantôt au moins égal à celui du parent ayant le plus grand diamètre (BURTON 1951; AL FAKHRY et al 1965), tantôt d'un diamètre légèrement inférieur à celui du parent ayant le plus grand diamètre (LAL et SINGH 1968), tantôt d'un diamètre proche de la moyenne de celui de ses deux parents (BILQUEZ et LECOMTE 1969).

Le degré d'héritabilité du caractère étudié apparaît relativement élevé dans certains croisements, comme celui dont l'analyse a été faite par BURTON (1951).

Bien que AL FAKHRY et al (1965) aient pu expliquer les différences de grosseur de talles, qui existent entre les géniteurs qu'ils ont utilisés, par l'existence d'une seule paire d'allèle, le caractère étudié semble régi dans la plupart des autres cas par des gènes multiples qui agiraient : tantôt d'une façon arithmétique (BURTON 1951), tantôt d'une façon multiplicative (BILQUEZ et LECOMTE 1969). La part due aux effets non additifs dans la variance F2 apparaît tout à fait insignifiante (MAHADEVAPPA et PONNAIYA 1968).

B.4. Hauteur de la plante

Sources bibliographiques :BURTON 1951. Agron. J. 43:409-417; AHLUWALIA, SHANKAR, JAIN et JOSHI 1962. Indian J. Genet. 22:45-53 AL FAKHRY, GROJAN, SARVELLA 1965. Z. Pflanzenz 54:182-187; MAHADEVAPPA et PONNAIYA 1966. Madras agric. J. 53:398-409; BURTON et FORTSON 1966. Crop. Sci. 6:69-72; LAL et SINGH 1968. Indian J. Genet. 28:190-194. MAHADEVAPPA 1968 Proc. Indian Acad. Sci. 68:181-189.

La hauteur de la plante est mesurée généralement au moment de l'épiaison de façon à ne faire intervenir, dans la mesure de cette hauteur, ni la longueur de la chandelle ni celle du pédoncule qui la porte.

La hauteur de la plante dépend à la fois du nombre des entrenœuds et de la longueur de ceux-ci, mais dans beaucoup de travaux on ne distingue pas ce qui revient à l'une et à l'autre de ces deux composantes.

B.4.1. Hauteur de la plante considérée comme un tout

Les F1 obtenus apparaissent tantôt d'une taille supérieure à celle du parent le plus élevé (BURTON 1951; LAL et SINGH 1968), tantôt de taille approximativement égale à celui-ci (AL FAKHRY et al 1965), tantôt d'une taille intermédiaire entre celle des deux parents (AL FAKHRY et al 1965).

Le nombre de gènes qui interviennent dans l'expression du caractère semble pouvoir être très élevé. BURTON (1951) postule l'existence de 26 paires d'allèles dans un des croisements étudiés. Il convient toutefois de distinguer, parmi les gènes qui contrôlent la taille, ceux qui sont des gènes majeurs capables de produire par eux-mêmes des effets importants de modifications de la taille, comme les gènes de nanisme étudiés par BURTON et FORTSON (1966), et ceux ayant une action plus discrète qui s'incorporent dans un système polygénique, les seuls que nous considérons pour l'instant. BURTON (1951) estime que ces gènes agiraient d'une façon qui serait plutôt géométrique qu'arithmétique. La variance F2 se décomposerait selon MAHADEVAPPA (1968) en effets qui seraient surtout épistatiques et avec une part plus restreinte d'effets de complémentarité. GILL et al (1968) ne trouvent par contre, dans les croisements qu'ils ont étudiés, aucune trace d'épistasie mais par contre des effets importants de super dominance. LAL et SINGH (1968) ont surtout trouvé des effets de dominance.

Cas particulier des plantes naines

On trouve des plantes naines dans beaucoup de populations /en naturelles de mil. Il y a cependant peu qui aient été isolées jusqu'à présent pour servir de point de départ à des souches de mil nain et dont on ait fait l'étude génétique. La seule étude génétique dont on dispose actuellement sur des mils est celle de BURTON et FORTSON (1966) qui ont analysé les 5 variétés naines connues sous les dénominations D1, D2, D3, D4 et D5. Le nanisme de ces variétés serait dû surtout à un raccourcissement de la longueur des entre-noeuds.

Les phénotypes D1 et D2 seraient dus chacun à la présence d'un gène récessif. Les deux gènes correspondants D1 et D2 sont indépendants l'un de l'autre. D3 et D4 requièreraient chacun la présence d'au moins deux gènes récessifs chacun, peut-être plus,

surtout pour D4. Il faudrait une population d'au moins 100 plantes F2 pour être certain de faire apparaître au moins un de ces récessifs. Les gènes qui contrôlent l'expression de D3 et D4 seraient indépendants à la fois les uns des autres et de D1 et D2. D5 exigerait pour sa réalisation encore davantage de gènes, ce qui rend son utilisation pratique sans intérêt.

B. 4. 2. Nombre d'entre noeuds.

LAL et SINGH (1968) constatent en F1 une augmentation du nombre des entre-noeuds par rapport à celui des deux parents. Cette augmentation expliquerait en grande partie l'hétérosis des F1 pour la taille. L'analyse de la variance montre que la plus grande partie de celle-ci serait due dans le croisement étudié par LAL et SINGH (1968) à des effets de dominance et d'épistasie. MAHADEVAPPA et PONNAYA (1966) trouvent par contre que la plus grande partie serait due à des effets de superdominance et à des effets additifs.

B. 4. 3. Longueur des entre-noeuds

Il y a, dans tous les croisements étudiés, dominance des entre-noeuds les plus longs sur les entre-noeuds les plus courts (BURTON 1951; BURTON et FORTSON 1966; LAL et SINGH 1968). BURTON (1951) trouve même de l'hétérosis dans certaines combinaisons.

L'étude des F2, entreprise par ce même auteur, le conduit à la conclusion que les gènes qui interviennent pourraient opérer à la fois de façon arithmétique et de façon géométrique. Il y aurait dans certains croisements, indépendamment de ceux qui font intervenir des types nains, un degré d'héritabilité suffisamment élevé pour donner prise à un travail rapide de sélection à l'intérieur des populations, par des procédés relativement simples (sélection massale ou sélection entre familles dans la descendance de certains croisements, par exemple).

B. 5. Nombre des feuilles

Caractère lié au nombre des noeuds et des entre-noeuds. Voir les conclusions exposées en 4. 2.

B. 6. Dimensions des feuilles

Sources bibliographiques : BURTON 1951. Agron. J. 43:409-417; AL FAKHRY, GROGAN, SARVELLA 1965. Z. Pflanzenz. 54:182-187; LAL et SINGH 1968. Indian J. Genet. 28 : 190-195; BILQUEZ et LECOMTE 1969. Agron. Trop. 24:249-257.

B. 6. 1. Longueur des feuilles

La seule indication sur l'hérédité de ce caractère est fournie par LAL et SINGH (1968) qui ont trouvé qu'il y avait dominance complète de la feuille la plus longue sur celle qui est la plus courte.

B. 6. 2. Largeur des feuilles

On observe une dominance nette des feuilles les plus larges sur celles qui le sont moins dans les croisements étudiés par AL FAKHRY et al (1965) et par LAL et SINGH (1968). La dominance est seulement partielle dans ceux étudiés par BURTON (1951). Elle est nulle dans celui étudié par BILQUEZ et LECOMTE qui fait intervenir la sous espèce violaceum à feuilles très étroites comme l'un des géniteurs.

Les gènes responsables de la largeur des feuilles agiraient, selon BILQUEZ et LECOMTE, d'une façon géométrique.

C- Caractères d'adaptation au milieu

C. 1. Précocité, mesurée par l'intervalle semis-épiation.

Sources bibliographiques : BURTON. 1951. Agron. J. 43:409-417; BILQUEZ 1963. Agron. Trop. 12:1249-53; AHLUWALIA et PATNAIK 1963. Indian J. Genet. 23:34-38; BURTON 1966. Proc. 10th. Intern. Grassland Congress Helsinki:720-723; MAHADEVAPPA et PONNAIYA 1966. Madras agric. J. 53:398-409; GUPTA et NANDA 1968. J. Res. Punjab agric. Univ. Ludhiana 5:1-5; BILQUEZ et CLEMENT 1969. Agron. Trop. 24:258-262.

La précocité des plantes F1 apparaît, selon les croisements considérés, intermédiaire entre celle des deux parents (BILQUEZ 1963),

proche de celle du parent le plus précoce (BURTON 1961), égale à celle de celui-ci (BILQUEZ et CLEMENT 1969) quelquefois supérieure à celle de celui-ci (AHLUWALIA et PATNAIK);

L'analyse de la F2 montre dans tous les cas que la plus grande partie de la variation observée en F2 est due à des effets génétiques additifs auxquels il s'ajoute, selon le cas, un peu d'effets de dominance (BURTON 1966) ou un peu d'effets d'épistasie (GUPTA et NANDA 1968).

Selon BILQUEZ et CLEMENT (1969), les différences de précocité que l'on observe dans les conditions habituelles de culture des mils en Afrique, seraient en réalité le résultat de l'action de 2 systèmes génétiques indépendants l'un de l'autre mais manifestant tous deux des effets qui sont pour la plus grande partie additifs. Le premier de ces systèmes génétiques serait formé de gènes sans dominance ou à dominance partielle, agissant de façon arithmétique, et contrôlerait la réaction des plantes à la durée journalière d'éclairage. Il serait responsable en particulier des différences de précocité qu'on observe dans la nature entre les mils précoces, qui sont des nyctipériodiques préférants, et les mils tardifs, qui sont des nyctipériodiques absolus. Le second système génétique serait formé de gènes dominants cumulatifs dont l'action s'exercerait indépendamment des conditions d'éclairage journalier. Il serait responsable des différences de précocité qu'on observe entre les mils photo-apériodiques ou entre ceux-ci et les mils nyctipériodiques préférants du type soua.

C. 2. Résistance aux parasites

Il n'existe pour l'instant, à notre connaissance, aucune publication sur l'hérédité de la résistance que peuvent montrer certains mils vis à vis de certains parasites: sclerospora, charbon, rouille, borers de la tige, atherigona.

La revue bibliographique que nous venons d'effectuer, sur l'hérédité des principaux caractères agronomiques chez le mil, nous conduit à constater qu'il y a rarement concordance entre les résultats trouvés par les différents auteurs dans l'étude d'un même caractère, tant en ce qui concerne le mode d'expression du caractère en F1 qu'en ce qui concerne la composition de la variance en F2. Cela n'est pas très surprenant car il s'agit de caractères qui sont tous des caractères quantitatifs

contrôlés par des gènes multiples. Il est peu probable que les gènes responsables de la variation F₂ observée soient les mêmes dans toutes les populations étudiées, et que la façon dont les gènes se répartissent entre les géniteurs soit la même dans tous les croisements étudiés.

Ceci nous montre l'intérêt que le sélectionneur peut avoir à connaître la structure génétique des populations qu'il veut améliorer, avant de choisir sa méthode de travail. Il le fait rarement et c'est bien dommage car cela lui éviterait souvent de se lancer dans un programme de travail qui débouche plusieurs années après, sur un constat d'échec.

Précisons, avant de clore ce chapitre sur le déterminisme génétique des principaux caractères agronomiques chez le mil, que la plupart des décompositions de variance dont nous avons donné les résultats ont été obtenues par l'analyse de croisements diallèles. On sait que la technique des croisements diallèles constitue une méthode élégante pour estimer les différents paramètres qui entrent dans la composition de la variation globale et mesurer le degré d'aptitude à la combinaison des différents génotypes. Mais les croisements diallèles ne peuvent donner des résultats valables que si le matériel utilisé répond à certains critères: ségrégation diploïde - pas de différence entre croisements réciproques - pas d'allèles multiples - action indépendante des gènes non allèles - parents homozygotes - gènes distribués indépendamment chez les parents. Il n'est pas certain que toutes ces conditions aient toujours été parfaitement remplies dans tous les croisements étudiés et ceci peut expliquer certaines divergences. La réalisation expérimentale du schéma d'analyse de ces croisements diallèles n'est pas non plus toujours sans critique: l'échantillonnage semble parfois bien faible.

Deuxième partie

II. 1. LES DIFFERENTES METHODES D'AMELIORATION GENETIQUE UTILISEES AVEC LE MIL.

Nous avons indiqué dans la première partie de cette note, qu'il était possible de soumettre le mil à plusieurs générations successives d'autofécondation sans qu'il en résultât des effets dépressifs aussi nocifs que ceux qu'on observe chez beaucoup d'espèces allogames, le maïs en particulier. D'où une première possibilité de travail pour améliorer le mil: celle de créer de nouvelles combinaisons génétiquement stables, d'une valeur supérieure à celles qui existaient précédemment, par sélection massale à l'intérieur des populations très hétérozygotes, par sélection récurrente réciproque entre populations génétiquement très diversifiées l'une par rapport à l'autre, ou par choix entre différentes familles produites par sélection pédigrée dans la descendance de certains croisements.

C'est surtout à la première et à la dernière de ces trois méthodes que l'on a eu recours jusqu'à présent : la sélection massale et la sélection pédigrée.

La sélection massale est certainement la méthode qui a été la plus utilisée en Afrique jusqu'à une époque récente. Son emploi a été presque partout un échec. La raison en est qu'on a voulu appliquer cette méthode à des populations naturelles qui n'avaient pas toujours un degré de variabilité suffisant malgré les apparences, et surtout parce que on a voulu utiliser cette méthode pour améliorer des caractères qui n'avaient pas un degré d'héritabilité suffisant. On s'est beaucoup trop focalisé sur le rendement considéré comme un tout dont on sait aujourd'hui que c'est un caractère qui a une héritabilité d'autant moins bonne qu'il entre dans sa variance une 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 des caractères plus simples et dont on sait qu'ils doivent une grande part de leur variabilité à des effets additifs, comme la longueur et la grosseur des chandelles, la grosseur des tiges, la longueur des entre-noeuds de la tige ou la durée de l'intervalle semis-épiaison.

La sélection pédigrée a été surtout utilisée jusqu'à présent pour créer des lignées homogènes destinées à être utilisées dans la constitution de populations hybrides (hybrides simples ou synthétiques) dont nous parlerons ultérieurement. Il existe cependant parmi les lignées qui ont été créées dans ce but, certaines lignées dont le rendement en grain marquait un progrès suffisant sur celui de leurs souches d'origine et aussi sur celui des variétés locales, pour qu'on ait pu songer à les exploiter directement en culture. L'une de ces lignées, une des plus récentes et aussi sans doute

une des meilleures; est la lignée D 174, obtenue à Coimbatore aux Indes, par sélection pédigrée dans la descendance du croisement D2 x IP 81, (BAKSHI, RACHIE, AMARJIT SINGH 1966. Curr. Sci. 35:355-356) et dont le rendement en grain équivaldrait à celui des meilleurs hybrides cultivés localement. (SHANMUGASUNDARAM, RAJAESKARAN, SELVARAJ, RAMAMURTHI 1968. Madras agric. J. 55:145-146).

Il n'en reste pas moins vrai que le mil est capable de manifester des effets d'hétérosis qui s'expriment aussi bien au niveau de la production du grain que de celle de la paille, et qu'on ne saurait négliger la plus-value de rendement qui peut résulter de l'exploitation de ce phénomène, D'où une seconde possibilité de travail, basée sur l'emploi d'un état généralisé d'hétérozygotie, mais présentant par rapport à la possibilité précédente de création de combinaisons génétiques stables, l'inconvénient d'exiger un renouvellement périodique des semences. On remarquera en outre, que l'augmentation de la production du grain due à l'hétérosis est comparativement beaucoup moindre que celle qu'on obtient généralement corrélativement sur le plan de la production de paille, du moins en ce qui concerne les variétés cultivées en Afrique, ce qui fait qu'en exploitant le phénomène d'hétérosis on augmente encore dans un sens défavorable le rapport paille/grain déjà bien mauvais des mils africains actuels.

Les études faites sur le déterminisme de l'hétérosis lié à la production du grain chez le mil, nous ont conduit à la conclusion qu'étant donné la part importante d'effets non additifs qu'on trouve généralement dans la variance liée à ce caractère, la meilleure façon d'exploiter l'hétérosis pour la production de grain chez le mil, était de s'orienter vers la production d'hybrides F1. On ne pourrait donner un meilleur exemple du succès auquel peut conduire la culture des hybrides F1 qu'en citant le cas du HB1 dont la culture a été recommandée sur une vaste portion du territoire des Indes, comprise entre le 11° et le 31° de latitude nord, et qui a été obtenu au Centre Agricole Universitaire de Ludhiana au Punjab, par croisement d'un mil américain mâle stérile sélectionné à Tifton Tif 23A, avec une lignée BIL 3B, sélectionnée à Ludhiana dans la descendance d'un mil africain d'importation récente aux Indes : S 350.

Les parents qui sont retenus pour la création des hybrides F1, doivent être retenus essentiellement en fonction de leur degré d'aptitude spécifique à la combinaison. Mais une analyse plus détaillée de l'hétérosis lié aux différentes composantes de la production du grain nous a révélé qu'une part importante de la variance attachée à certaines de ces composantes reste due à des effets additifs. D'où l'intérêt de doter les lignées qui pourront être utilisées pour la création des hybrides, du maximum des gènes complémentaires favorables à l'expression des caractères

qui entrent dans la composition du rendement et dont la variance comporte une large part d'effets additifs.

La méthode la plus simple et la plus classique pour parvenir au but désiré est de commencer à trier les populations dont on dispose, par sélection pédigrée suivie de choix entre familles, pour les gènes additifs complémentaires favorables qu'elles peuvent contenir, et ensuite, d'isoler les meilleures lignées obtenues sur la base de leur aptitude spécifique à la combinaison. Si le nombre des lignées à tester pour l'aptitude spécifique à la combinaison est trop grand, on peut effectuer un premier tri de celles-ci par un test d'aptitude générale à la combinaison. Mais attention au choix du testeur. Il faut que celui-ci nous permette d'obtenir réellement le maximum d'information sur les performances que pourront fournir ultérieurement nos différentes souches lorsqu'elles seront utilisées en croisement avec un autre matériel que ce testeur ou dans d'autres conditions de milieu. Il faut se souvenir aussi que le croisement de deux lignées de mil ayant l'une et l'autre une bonne aptitude générale à la combinaison, ne conduit pas forcément à un hétérosis supérieur à celui auquel on peut parvenir s'il n'y a seulement que l'un des deux géniteurs qui ait cette qualité (NANDA et GUPTA 1967 J. Res. Punjab agric, Univ. Ludhiana. 4:343-347), même s'il apparaît souhaitable que l'un des géniteurs ait effectivement cette qualité (BAINS, ATHWAL et GUPTA 1967 J. Res. Punjab agric. Univ. Ludhiana 4:192-196).

Si les résultats auxquels on doit parvenir par l'emploi de cette méthode sont certainement les meilleurs qu'on puisse espérer, celle-ci a cependant l'inconvénient de demander un temps relativement long quand il faut partir de populations, car il est rare qu'on obtienne des souches de mil suffisamment homogènes pour pouvoir être soumises à des tests valables d'aptitudes spécifiques à la combinaison avant 5 ou 6 générations successives d'autofécondation.

C'est pourquoi lorsqu'on part de populations il peut être intéressant, si ces populations sont d'origine différente et montrent au départ des effets notables d'hétérosis, d'adopter le schéma de sélection récurrente réciproque développé en 1949 pour le maïs par COMSTOCK et HARVEY (J. Amer. Soc. Agron. 41:360-367). Le problème le plus délicat à résoudre lorsqu'on utilise cette méthode est certainement le choix des populations de départ. Il est beaucoup moins facile qu'on ne le croit communément de mesurer la diversité génétique et le degré d'hétérosis qui peut exister entre deux populations hétérogènes de plantes. Et pourtant, c'est de cette mesure que va dépendre pour une grande part le succès ou l'échec de toute l'entreprise. Sans doute pourrait-on s'inspirer utilement quand on a à faire cette mesure, des travaux qui ont été faits sur les populations de maïs par COMSTOCK et ROBINSON (1948 Biometrics 4:254-266), ROBINSON

et COMSTOCK (1955 Genetics 40:45-60, ROBINSON, KHALIL, COMSTOCK et COCKERHAM 1958. Genetics 43:868-877).

Certains ont pensé que pour trier rapidement les populations de départ, on pourrait utiliser un schéma de sélection récurrente simple pour l'aptitude générale à la combinaison. Je crois que si les résultats obtenus par l'emploi de cette méthode n'ont pas donné tout ce qu'on en attendait, c'est surtout parce que pour être efficace, cette méthode exige que les effets d'hétérosis soient dus à des effets de dominance sans épistasie, ce qui n'est pas le cas pour le rendement en grain chez le mil. Je pense que l'on devrait pouvoir par contre utiliser avec profit des schémas de sélection cumulative ou de sélection convergente pour faire une concentration rapide des gènes complémentaires favorables à la manifestation des composantes du rendement, qui peuvent exister dans les populations de départ.

Mais quelle que soit la façon dont on parvienne au résultat, il n'en reste pas moins que faire une exploitation commerciale d'hybrides F1, cela exige que l'on produise et que l'on distribue chaque année aux cultivateurs, la quantité de semences hybrides nécessaire à emblaver la totalité de leurs champs.

C'est une opération qu'il n'est pas toujours facile de réaliser dans les pays en voie de développement où l'on doit constater l'absence fréquente de toute organisation effective de multiplication et de distribution des semences de mil.

L'un des moyens que l'on a de pallier partiellement à cette difficulté, consiste à substituer aux hybrides F1 des 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 de 2 ou 3 générations suivantes pour qu'on puisse prévoir de faire le renouvellement des semences seulement tous les 3 ou 4 ans.

On ne dispose que de très peu de renseignements chiffrés sur le mode d'évolution des populations synthétiques de mil. Le seul travail de ce genre qui ait été fait est une étude qui a été publiée par ANAVARADHAN et SUBRAMANIAN en 1961 (Madras agric. J. 48:141-142). Ces auteurs ont trouvé que dans la population synthétique qu'ils ont étudiée et qui avait été constituée à partir de 6 lignées choisies pour leur bonne aptitude à la combinaison, la réduction de rendement en graine entre la 1^o et la 3^o génération de culture n'avait été que de 13 à 15%, ce qui est très faible, surtout si on la compare à celle qui se produit dans le cas des hybrides simples qui atteint et dépasse même souvent 40% selon les mêmes

auteurs.

La façon dont le rendement d'un synthétique évolue au cours des générations dépend en réalité du nombre des lignées qui le constituent et du degré d'aptitude à la combinaison que ces lignées manifestent entre elles. Il faut que le nombre des lignées qui entrent dans la constitution d'un synthétique soit aussi proche que possible du minimum qui puisse être utilisé sans que se manifestent rapidement des effets dépressifs nocifs d'inbreeding. Si le nombre des lignées est trop bas, il se produit une baisse exagérée de rendement entre la 1^o et la 2^o génération, à cause précisément de ces effets d'inbreeding. Mais si le nombre des lignées est trop élevé, le rendement de la première génération manifeste une diminution telle que cette moins-value annule l'avantage que l'augmentation du nombre des lignées aurait pu apporter en freinant la baisse des rendements entre la 1^o et la 2^o génération de culture. On conçoit l'intérêt qu'il peut y avoir, chaque fois qu'on veut créer un synthétique, à déterminer quel est le nombre optimum de lignées qu'il faut utiliser pour le constituer. Il existe des moyens de calcul basés sur l'utilisation d'une formule mathématique établie par WRIGHT (1922 US Dept. Agric. Tech. Bull. 1121), reproduite dans la plupart des ouvrages classiques de génétique appliquée à l'amélioration des plantes et dont un bon exemple d'utilisation dans le but qui nous intéresse a été donné par KINAM et SPRAGUE (1945, J. Amer. Soc. Agron. 37:341-351). Il est cependant exceptionnel qu'on fasse ce calcul, laissant à l'expérience le soin d'être le seul juge du matériel livré à la culture. C'est dommage car il est possible que beaucoup de synthétiques qui se sont révélés à l'expérience d'un intérêt médiocre et qui n'ont pas traduit les espoirs qu'on avait mis en eux, auraient pu acquérir une valeur satisfaisante si on avait pris le soin de faire ce calcul. On gâche ainsi souvent dans notre métier beaucoup de matériel et de temps, faute d'un tout petit effort intellectuel supplémentaire.

II.2. ASPECTS PARTICULIERS DE TRAVAIL LIES A L'UTILISATION DU MIL.

II.2.1. Contrôle de la pollinisation chez le mil.

A. Production de graines autofécondées.

C'est une opération qui peut être réalisée à toute période de l'année mais avec un succès plus ou moins grand. C'est une période d'hivernage que l'autofécondation devrait être, théoriquement, la plus facile à réaliser. L'intervalle de temps qui sépare la floraison mâle de la floraison femelle sur une même chandelle, est réduit à ce moment là, à une durée très courte, inférieure à celle durant laquelle les stigmates demeurent réceptifs et qui se situe généralement aux alentours de 48 heures. AZIZ, MANZCOR AHMAD BAJWA

et SIRAY UD DIN SHAH (1959, Agriculture Pakistan 10, 475-462) ont même trouvé que par temps nuageux, ce qui est souvent le cas en période d'hivernage, la réceptivité des styles pouvait être prolongée 6 jours. Les floraisons mâle et femelle des différentes chandelles d'une même plante, chevauchant en outre très étroitement les unes sur les autres en hivernage. Il faut malheureusement compter à cette période de l'année, avec un parasitisme très prononcé des chandelles à l'intérieur des sacs d'autofécondation. La maladie du charbon apparaît particulièrement préjudiciable. Elle constitue en fait un véritable goulot d'étranglement à la production de graines autofécondées en hivernage.

La production de graines autofécondées, bien que théoriquement plus difficile en culture de saison sèche avec irrigation, aboutit finalement souvent à de meilleurs résultats. L'intervalle de temps qui sépare les floraisons mâle et femelle d'une même chandelle, devient en saison sèche, du fait des conditions particulières du milieu, surtout les températures basses de la nuit, beaucoup plus long que durant l'hivernage. Il atteint couramment 7 à 10 jours, c'est à dire une durée plus grande que celle durant laquelle les styles peuvent demeurer réceptifs. Ceci d'autant plus que l'humidité de l'air étant à ce moment là très basse et le ciel sans nuage, la durée de réceptivité des styles est à son minimum et ne dépasse pas quelques heures. Il est absolument nécessaire si on veut avoir des graines autofécondées à cette période de l'année, d'ensacher ensemble plusieurs chandelles d'une même plante dont les floraisons mâle et femelle se chevauchent, à condition qu'il y en ait. Les graines que l'on obtient à cette époque, sont par contre dans un parfait état sanitaire.

On a souvent tendance dans la pratique, lorsqu'on fait de l'autofécondation forcée, à rejeter les chandelles trop chargées de graines, après le désensachage, au bénéfice de celles qui le sont moins, considérant que la présence d'une trop grande quantité de graines témoigne d'une autofécondation mal faite. C'est une mauvaise pratique. BURTON (1952, Agron. J. 44:424-427) a montré qu'il y avait chez le mil des différences héréditaires de fertilité. En ne conservant systématiquement que les chandelles les moins chargées de graines, on risque de sélectionner des plantes qui sont de moins en moins autofertiles et conduisent rapidement à des lignées dont la conservation et la multiplication posent de sérieux problèmes.

2.1.2. Production de graines hybrides.

On met à profit l'intervalle de temps qui existe entre la floraison femelle qui a lieu la première et la floraison mâle qui la suit après un intervalle plus ou moins long pour apporter le pollen étranger. L'hybridation est d'autant plus facile à réaliser qu'on se trouve dans des conditions de milieu où l'intervalle de temps entre les deux floraisons sur la même chandelle est le plus long. C'est la saison sèche qui constitue, à ce titre, la période la plus favorable pour réaliser les travaux d'hybridation. COOPER et BURTON (1965, Crop. Sci. 5:18-20) ont établi que le pollen de mil conservé à une température de 40°F. (4,4°C.) était encore viable à 50% après 4 jours et qu'il y en avait encore 3% de viable après 3 semaines. Il est en fait beaucoup plus pratique de recourir à des semis échelonnés quand on doit faire des hybrides entre géniteurs qui ont des précocités différentes.

II.3. EMPLOI DE LA STERILITE MALE CYTOPLASMIQUE.

La stérilité mâle cytoplasmique représente un des meilleurs mécanismes qui puisse permettre de créer des semences commerciales hybrides sur une grande échelle et à bas prix.

On connaît actuellement 3 souches différentes de mâles stériles cytoplasmiques de mil: La première qui est aussi la plus ancienne est la souche Tif 23 A, découverte à Tifton (Georgie), aux USA, par BURTON en 1958 (Agron. J. 50:230-235). C'est elle qui a servi à créer tous les hybrides obtenus à partir d'une souche mâle stérile qu'on peut trouver actuellement en culture. Les deux autres souches existantes: L 66A et L 67A, ont été trouvées aux Indes, à Ludhiana, en 1961. Elles n'ont encore été guère employées jusqu'à présent, sauf dans certains travaux de recherche, mais il est vraisemblable que leur emploi deviendra rapidement aussi important que celui de la souche Tif 23A dans les prochaines années, pour des raisons que nous exposerons plus loin.

La stérilité mâle cytoplasmique du mil est apparemment le résultat de l'interaction d'un gène homozygote récessif *ms* avec un cytoplasme stérile. Le mainteneur de stérilité possède également à l'état homozygote le gène récessif *ms*, mais il est fertile parcequ'il a un cytoplasme normal. La restauration de la fertilité est accomplie par l'allèle dominant de *ms* : *Ms*. Son action pourrait être parfois entravée selon BURTON et ATHWAL (1967, Crop. Sci. 7:209-211), du moins chez Tif 23, par la présence de gènes modificateurs ou, peut être aussi, certaines conditions de milieu.

L'analyse des différents croisements effectués entre les trois souches mâles stériles existantes, leurs mainteneurs de stérilité et leurs restorateurs de fertilité, a conduit BURTON et ATHWAL (1967, Crop. Sci. 7:209-211) 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. Les trois couples d'allèles Ms-ms, occuperaient des loci différents et agirait indépendamment les uns des autres.

On conçoit dans ces conditions qu'on puisse trouver dans un même génotype les gènes responsables du maintien de la stérilité dans un système donné et les gènes responsables de la restauration de la fertilité dans un des deux autres types. C'est effectivement ce qui se produit. On constate par exemple, que le mil nain 239 qui est très bon restorateur de la fertilité du Tif 23A, est en même temps capable de maintenir la stérilité chez les plantes qui ont un cytoplasme du type L 66A. On constate à l'inverse, que le mil 23B qui est le mainteneur normal de la stérilité du Tif 23A, est capable de restorer complètement la fertilité des plantes qui ont un cytoplasme du type L 66A.

Cette découverte ouvre évidemment de nouveaux 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 l'état d'hétérozygotie va pouvoir être maintenu à un degré élevé pendant beaucoup plus longtemps, 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 créer plus rapidement et avec moins de mal, des hybrides simples de valeur, par le biais d'un schéma de sélection récurrente réciproque. BURTON et ATHWAL (1968, Crop. Sci. 8:632-634) ont exposé avec beaucoup de détails, la réalisation d'un tel schéma dont on peut prévoir qu'il constituera une des techniques clés de l'amélioration du mil au cours des années qui vont venir, tant aux USA qu'aux Indes, et que nous nous proposons d'utiliser également.

Il y aura cependant lieu de veiller très attentivement dans les travaux qui pourront être faits en Afrique avec des mâles stériles, au problème du maintien de la stérilité des souches et à celui de la restauration de leur fertilité.

La restauration de la souche Tif 23 AI, a posé de sérieux problèmes aux Indes. Il a été très difficile de trouver des géniteurs qui restaurent complètement la fertilité de cette souche, ce qui a conduit du reste BURTON et ATHWAL (1967 Crop. Sci. 7:209-211) à supposer que l'action du gène de restauration correspondant à ce type de cytoplasme (MsI)

pourrait être entravée par des gènes modificateurs ou, peut être même, par certaines conditions de milieu. Il a été beaucoup plus facile de trouver de bonnes lignées restauratrices de la fertilité des deux autres souches mâles stériles d'origine indienne.

Le maintien de la stérilité des souches n'a posé jusqu'à présent aucun problème, à notre connaissance, ni aux USA ni aux Indes où les mâles stériles ont été cultivés à l'intérieur d'une zone géographique très étendue, comprenant des conditions de milieu très diverses. Nous n'avons eu nous même aucune difficulté à maintenir la stérilité de la souche Tif 23, la seule que nous possédions dans les cultures faites en serre en France. Nous avons noté par contre, à plusieurs reprises au Sénégal, l'existence de pollen sur des plantes de la souche TIF 23 AI et la production de graines sur des épis ensachés dès le début de l'épiaison de ces mêmes plantes.