

PROJET D'AMELIORATION DES MILS

sous dossier technique

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

N° : 28129

Cpte : B

Projet d'amélioration des mils

PRODUCTION EXPERIMENTALE DE MUTATIONS DANS LES SYSTEMES GENETIQUES QUI CONTROLENT LES CARACTERES ENTRANT DANS L'EXPRESSION DU RAPPORT PAILLE/GRAIN CHEZ LES MILS ET EXPLOITATION AGRONOMIQUE DES MUTANTS.

1 - Objet de la recherche

Le mil constitue, avec le sorgho, l'aliment de base de toutes les populations de la zone tropicale sèche de l'Afrique de l'ouest. C'est une plante peu exigeante, mais qui est aussi peu productive. Elle donne seulement environ 500 kg de grain par ha en moyenne dans les cultures faites par les paysans africains. On admet que l'une des causes importantes du bas rendement du mil tient au fait que cette plante épuiserait une trop grande partie de la capacité qu'elle possède de faire de la matière sèche pour fabriquer des tiges et des feuilles, au détriment des organes reproducteurs et du grain.

Le but du projet serait de modifier la structure actuelle du mil, de façon à extraire de la quantité de matière sèche totale susceptible d'être produite sur un ha de culture une quantité supérieure de grains, autrement dit: d'améliorer le rapport paille/grain existant actuellement chez le mil.

On envisage, pour atteindre ce résultat, d'avoir recours à la technique de production expérimentale de mutations.

2 - Progrès récents accomplis dans l'amélioration des plantes grâce à l'emploi des techniques de production expérimentale de mutations.

Nul n'ignore plus aujourd'hui qu'il est possible d'induire expérimentalement des variations héréditaires utiles chez les plantes de toutes espèces, qu'elles soient à multiplication végétative ou à multiplication sexuée, par l'emploi des rayonnements ionisants, ou celui de certaines substances chimiques comme le méthane sulfonate d'éthyle.

Les mutations produites expérimentalement concernent les caractères les plus divers. Rappelons, pour mémoire, quelques exemples de résultats obtenus, la liste suivante n'ayant nullement la prétention d'être une liste exhaustive.

1)- Variations produites sur le plan de l'adaptation des plantes aux différents facteurs du milieu.

- mutants à maturité décalée (plantes plus précoces ou plus tardives): chez le pêcher (HOUGH et WEAVER 1959), le cerisier et le pommier (ZWINTSCHER 1959), le groseillier cassis (NYBOM 1965), l'orge (FROIER 1959, GUSTAFSSON et al 1960, GAUL 1961), le riz (OKA et al 1958, BEKENDAM 1961, MARIE 1963), le mil penicillaire (BILQUEZ 1961), le pois (WELLENSIEK 1961), le soja (STUBBE 1959), le tournesol (REMUSI et GUTIERREZ 1965), le lupin (TEDIN 1954).
- mutants à paille plus courte, de ce fait théoriquement plus résistants à la verse, et par voie de conséquence capables de supporter de plus hauts niveaux de fumure azotée : chez l'orge (GUSTAFSSON 1941, MOES 1959, HESLOT et FERRARI 1959), l'avoine (Mac KEY 1954), le blé (Mac KEY 1954, NATARAJAN et al 1958, NOULARD 1959, d'AMATO et al 1960, SCARASCIA 1960), le riz (BEACHELL 1957, KAWAI et SATO 1961, LI et al 1961, NARAHARI et BORA 1963, MARIE 1963).

2)- Variations produites sur le plan de l'amélioration de la résistance des plantes aux parasites (d'après FAVRET 1965).

orge	<i>Erysiphe graminis</i> FREISLEBEN and LEIN, 1947 BANDLOW, 1951; NOVER and BANDLOW, 1958 HANSEL and ZAKOWSKY, 1956 FAVRET and RODRIGUEZ, 1957 FAVRET, 1960b, 1964 POLLHAMER, 1958, 1962 HOFFMANN, 1959 HOFFMANN and NOVER, 1959 HAGBERG et al., 1963 <i>Puccinia hordei</i> TAVCAR, 1960 <i>Puccinia graminis</i> SHEBESKI and LAWRENCE, 1954 <i>Ustilago nigra</i> POLLHAMER, 1961	avoine: <i>Puccinia graminis</i> KONZAK, 1954, 1958a, b FREY, 1955 KOO and MYERS, 1955. MYERS et al. 1956 <i>Puccinia coronata</i> CHAPMAN et al., 1959; WALLACE, 1960, 1961 KONZAK, 1956 <i>Helminthosporium victoriae</i> KONZAK, 1956 WALLACE and LUKE, 1961
		mais <i>Sclerospora maydis</i> RESPONDEK, 1958
		lin <i>Melampsora lini</i> FLOR (cf. KONZAK, 1956)
ble tendre	<i>Puccinia graminis</i> AUSEMUS et al., 1955 MYERS et al., 1955 HOFFMANN (cf. KONZAK, 1956) FAVRET, 1959, 1962 BHATIA et al., 1961 <i>Puccinia recondita</i> CAFFEY and WELLS, 1956 HOFFMANN (cf. KONZAK, 1956) BIRNIE, 1960 <i>Puccinia glumarum</i> KONZAK et al., 1956 HOFFMANN (cf. KONZAK, 1956, 1959). <i>Erysiphe graminis</i> CAFFEY and WELLS, 1956	arachide <i>Sclerotium rolfsii</i> GREGORY, 1956 <i>Cercospora personata</i> GREGORY, 1956
		cassis <i>Cronartium ribicola</i> BAUER, 1957
		paturin <i>Puccinia graminis</i> HANSON and JUSKA, 1959
		tomate <i>Phytophthora infestans</i> Åkesson, 1961
		riz <i>Cercospora</i> BEKENDAM, 1961 P.B.A. 32, 222. <i>Piricularia oryzae</i> LIN and LIN, 1960 <i>Cochliobolus</i> P.B.A. 32, 222.
ble dur	<i>Puccinia graminis</i> JENKINS (cf. KONZAK, 1956)	tabac. Virus-Y KOELLE and WAHL, 1962

3)- Variations produites sur le plan de l'amélioration des qualités commerciales

Pommes teintées de rouge, obtenues à partir de variétés à peau verte ou transparente (BISHOP 1959, GROBER cité par STUBBE 1959); pêches à chair plus ferme ou plus colorée que le type d'origine (HOUGH et WEAVER 1959); lins plus riches en fibres (LEVAN et GRANHALL cité par GUSTAFSSON et Mac KEY 1948); cotonniers à fibres plus longues plus fines et plus résistantes (AL DIDI 1965); graines plus riches en huile : chez la moutarde blanche (ANDERSON et OISSON 1954), le sésame (RAI et JACOB 1957), le soja (WILLIAMS et al 1961), et l'arachide (BILQUEZ et al 1965); orge ayant une capacité de maltage supérieure à celle des types parentaux par suite d'une augmentation de la richesse en azote des moûts, de la teneur en alpha - amylase, et du pouvoir diastatique (GUSTAFSSON 1947); fleurs colorées différemment de celles du type d'origine : chez les oeilletts (SAGAWA et MEHLQUIST 1959, DOMMERGUES 1962), les chrysanthèmes (JANK 1957, FUJI et MABUCHI 1961, BILQUEZ 1961, BOWEN et al 1962) les rosiers (DOMMERGUES 1962, BROERTJES 1966).

4)- Modifications du rendement

Il y a de nombreuses variations parmi celles qui ont été citées précédemment qui se révèlent comme ayant également une influence heureuse sur le rendement. Tel est le cas des mutants à paille courte, résistant à la verse, capables de supporter de hauts niveaux de fumure azotée, obtenus chez l'orge, le blé, l'avoine et le riz. Tel est le cas des mutants isolés pour leur plus grande résistance à un parasite donné. Tel est le cas aussi de certains mutants à grains plus riches en huile, comme celui isolé chez la moutarde blanche et qui a donné naissance à la variété commerciale " Primex".

Ajoutons à cette liste quelques autres exemples qui n'ont pas encore été cités, comme la variété de pois Strål, obtenue par GELIN au laboratoire de Weibullsholm (Suède), le haricot " Shaffers Universal" obtenu par Knapp en Allemagne et divers mutants produits chez la vigne (BREIDER 1965), l'arachide (GREGORY 1956), le sésame (CHANDHURI 1954), le jute (CHANDHURI 1948).

En fait, tout caractère quel qu'il soit, du moment qu'il s'agit d'un caractère contrôlé par des gènes, peut être soumis à variation par l'emploi des agents mutagènes. L'aptitude des gènes à muter diffère cependant considérablement, non seulement d'un gène à l'autre dans une espèce déterminée, mais aussi, pour un même gène, selon les conditions

du milieu interne ou externe dans lequel il se trouve. Seule l'expérience peut permettre, à l'heure actuelle, de définir quelle est l'aptitude à muter que possède un gène déterminé dans une espèce ou une variété donnée. On ne peut rien prévoir à priori.

Les mutations induites peuvent être utilisées directement. C'est toujours ce qui a lieu lorsqu'on travaille avec des plantes à multiplication végétative. C'est également ce qui peut se produire lorsqu'on travaille avec des plantes à reproduction sexuée. C'est ainsi qu'on a obtenu l'orge "Pallas" mutant du type "érectofide" isolé en Suède en 1946, à partir de la variété "Bonus", le riz "Professeur Lamarque" isolé en France par MARIE à partir de la variété "Allorio 11", la moutarde blanche "Primex" commercialisée en Suède depuis 1950, le petit pois "Strål" isolé par GELIN à partir de la variété de pois "Kloster" et commercialisée en Suède depuis 1957, le haricot "Shafer's universal" obtenu par Knapp et mis en vente sur le marché allemand depuis 1950.

Ce mode d'utilisation reste toutefois assez rare dans le cas des plantes à reproduction sexuée, car il est exceptionnel que les mutants obtenus ne diffèrent de la souche d'origine que par un seul caractère, et que tous les caractères qui ont été modifiés l'aient été dans le sens souhaité. C'est pourquoi on utilise beaucoup plus souvent les mutants en les faisant entrer dans des croisements. C'est ainsi, par exemple, que du croisement d'un mutant à port buissonnant, provenant de la variété de haricot Michelite, jadis très commercialisée, et d'une autre variété sans grand intérêt commercial mais résistante à l'anthracnose, on a obtenu la variété de haricot Sanilac, qui s'est maintenant entièrement substituée à la variété Michelite, car cette nouvelle variété est non seulement résistante à l'anthracnose mais aussi plus résistante qu'elle aux climats pluvieux de certains Etats américains, par suite de sa constitution en buisson (DOWN et ANDERSEN 1956).

3 - Programme du travail à réaliser sur mil

La technique de production expérimentale de mutations va s'appliquer à une collection de mil chez laquelle il existe déjà un polymorphisme génétique pour le caractère " rapport paille/grain".

Ce polymorphisme préexistant, créé par la différenciation écotypique, fournit déjà une palette très large, mais qui semble cependant insuffisante pour obtenir le résultat recherché, ce qui explique le désir de recourir à la technique de production expérimentale de mutations.

L'analyse de la composition génétique de l'espèce semble être néanmoins le préambule logique auquel le programme ne peut échapper.

Les traitements mutagènes devraient permettre de faire apparaître dans la descendance du matériel traité un certain nombre de mutants distincts de la souche d'origine par des caractères morphologiques ou physiologiques, qui pourront différer d'un mutant à l'autre, mais qui interviennent cependant tous, chacun individuellement, dans l'expression du rapport paille/grain. La pleine utilisation de ces mutants, en particulier leur recombinaison, nécessite obligatoirement la connaissance des composants génétiques et physiologiques du rapport paille/grain. Cette analyse devra comprendre, entre autres, la décomposition du développement en phases et l'étude de la variabilité génétique des types pour les différentes phases.

L'aboutissement logique du travail de production expérimentale de mutations entrepris chez le mil devra être la création de nouvelles variétés de mils satisfaisant au critère de travail proposé, et la recherche des techniques de culture permettant à ces nouvelles variétés d'extérioriser au maximum leur potentiel de production dans des localisations différentes.

Le programme de travail proposé s'établit dans le détail de la façon suivante :

1) Etude des composants du rapport paille/grain

1.1. collecte de l'ensemble de la variabilité naturelle de l'espèce dans le cadre des types de développement et de la valeur du rapport paille/grain.

1.2. définition des stades et des types génétiques de développement; corrélations entre les caractéristiques aux différents stades, compte tenu des variations des facteurs climatiques et édaphiques.

1.3. hiérarchie de ces composants dans l'expression du rapport paille/grain, utilisation dans la sélection.

2) Traitements mutagènes

Recherche des doses et des modes de traitement les mieux adaptés au matériel utilisé.

3) Etude génétique des populations provenant de plantes traitées.

3.1. analyse détaillée des ségrégations observées dans la descendance du matériel traité.

3.2. analyse des mécanismes génétiques responsables des variations phénotypiques observées.

4) Etude physiologique comparative des souches d'origine et des mutants

4.1. détermination de quelques structures théoriques possibles d'un mil ayant un bilan photosynthétique optimum au moment de la formation du grain.

4.2. vérification, sur des types proches et éloignés des critères définis précédemment, des hypothèses dégagées de la première étude.

4.3. études de nutrition minérale sur les nouveaux types créés.

4.4. études de développement sur les nouveaux types créés : photopériodisme, thermopériodisme.

5) Exploitation agronomique des mutations produites.

5.1. création de nouvelles variétés à partir des mutations produites.

5.2. adaptation des techniques agricoles aux nouvelles exigences des mutants sélectionnés dans un but d'utilisation pratique.

5.2.1. étude du comportement des nouvelles variétés vis à vis des différents facteurs du milieu.

5.2.2. mise au point des techniques de culture permettant aux nouvelles variétés sélectionnées d'extérioriser au maximum leur potentiel de production : essais de fertilisation et essais de technique culturale (en particulier époque de semis et densité) dans des localisations différentes.

4 - Modalités de réalisation du programme

4-1. Choix du matériel végétal

Les systématiciens ont classé les mils cultivés en plusieurs espèces ou sous-espèces. HUTCHINSON et DALZIEL, auxquels on se réfère généralement sur le plan botanique pour les plantes qui croissent dans la zone tropicale de l'Afrique de l'ouest, reconnaissent la présence dans cette zone de 3 espèces de mils cultivés, en fonction de la taille des plantes, de la longueur et de la forme des inflorescences, de la structure des soies periflorales, de la forme et de la taille des graines. Cette classification n'a pas en réalité une très grande signification sur le plan biologique, car l'expérience montre que toutes les espèces citées par HUTCHINSON et DALZIEL sont interfertiles, et qu'il est apparemment possible d'obtenir dans la descendance des croisements effectués entre ces différentes formes une recombinaison complète de tous les caractères parentaux. Bien plus, les travaux effectués au CRA de Bambey par le groupe de travail de l'ORSTOM montrent qu'il n'y a aucune raison de faire de certains mils sauvages d'aspect fourragers, qu'on rencontre dans la zone sahélienne, des espèces distinctes de celle à laquelle se rattache l'ensemble des mils cultivés.

On peut classer les mils, du point de vue biologique, en deux grands groupes :

- a) le groupe des mils dont l'épiaison ne peut se faire que si les plantes sont cultivées sous des durées d'éclairement journalier inférieures à une certaine valeur variable selon les cultivars mais généralement comprise entre 11 h 30 et 12h30
- b) le groupe des mils dont l'épiaison peut se faire quelle que soit la durée d'éclairement journalier à laquelle on les soumet, mais dont l'intervalle " semis-épiaison " varie cependant selon la durée de cet éclairement.

Le premier groupe correspond à ce que le paysan sénégalais appelle des mils sanio . Ce sont des mils qui du fait des conditions dans lesquelles ils sont semés (dès l'apparition des premières pluies, ce qui a lieu généralement entre le début mai (Niger) et la fin juin (Sénégal) ,) ont obligatoirement un cycle végétatif long, car les conditions favorables à leur épiaison ne se trouvent réunies qu'à partir de la fin septembre. La plus grande partie des mils cultivés en Haute-Volta et de ceux cultivés au Mali (exception faite de ceux cultivés dans la boucle du Niger appartiennent à ce groupe. Les sanio forment au Sénégal l'essentiel des mils cultivés en Casamance, et interviennent sensiblement pour moitié dans la production des mils cultivés dans le bassin arachidier.

Le second groupe correspond à ce que les paysans sénégalais appellent des mils souna. Ce sont des mils à cycle végétatif court, particulièrement précieux en Afrique pour la culture dans les régions à faible précipitation (moins de 650 mm de pluie par an) mais qui constituent aussi, dans les autres régions de culture des mils, un précieux aliment de soudure entre deux campagnes agricoles successives. Ils occupent environ 9/10 des surfaces consacrées à la culture du mil au Niger. Au Sénégal, les souna interviennent sensiblement pour moitié dans les cultures de mil faites dans le bassin arachidier ; ils représentent la totalité de celles faites au nord de ce bassin. Signalons, à titre indicatif, que les mils de cette catégorie interviennent également pour plus des 9/10 dans la production du mil aux Indes.

On a choisi de faire porter les efforts des premières années de travail sur les mils souna de préférence aux mils sanio. On possède à l'heure actuelle une connaissance beaucoup plus approfondie de la variabilité génétique naturelle des mils souna que de celle des mils sanio. On dispose en outre, chez les mils souna d'un matériel qui est beaucoup mieux normalisé biologiquement que chez les mils sanio.

Le matériel que l'on propose d'utiliser est formé de deux populations:

- a) une population d'origine sénégalaise, choisie dans la collection du CRA de Bambey pour sa bonne homogénéité et ses qualités d'adaptation au milieu, mais dont le rapport paille/grain atteint au mieux 2,8.
- b) une population d'origine hybride provenant d'un croisement réalisé au CRA de Bambey par le groupe ORSTOM au cours de ses études sur la structure de l'espèce Pennisetum typhoides, entre un mil du Tchad et un mil du Niger; cette population, caractérisée par un rapport paille/grain de l'ordre de 1,8 (ce qui est vraisemblablement l'un des rapports les plus bas qu'on puisse espérer obtenir dans le cadre de l'exploitation de la variabilité naturelle de l'espèce), est malheureusement beaucoup trop précoce pour les conditions actuelles de la culture au Sénégal.

4.-2. Traitements mutagènes

Les expériences de mutation, pour atteindre leur plus grande efficacité, n'exigent pas seulement le choix d'un mutagène dont les caractères conviennent au matériel biologique; elles exigent aussi le choix d'un mode de traitement approprié. Il est évident - comme le

souligne d'AMATO (1961) - que pour un programme déterminé de mutagène, toutes les questions relatives au genre de matériel à traiter, au traitement mutagène à exécuter et aux diverses conditions qui influent sur la réponse du matériel au mutagène, doivent être sérieusement prises en considération. Tout travail d'induction de mutation à but pratique ne peut qu'être fondé sur une connaissance des faits théoriques; toute autre mise au point serait une perte inutile de temps et d'argent".

Les travaux relatifs à cette partie du programme, les traitements mutagènes, la culture des plantes M1, seront réalisés en France, aux Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM, à Bondy.

4-3. Travaux de génétique

Le travail à faire par les généticiens se divise en deux parties distinctes :

L'étude du polymorphisme préexistant créé par la différenciation écotypique au sein de l'espèce à irradier, l'étude des populations formées par la descendance du matériel traité.

a) Etude du polymorphisme préexistant chez les mils

Pour pouvoir effectuer cette étude, il est nécessaire de cultiver, comparativement en jardin botanique, un échantillon représentatif du plus grand nombre possible de populations différentes de mil au regard des divers caractères morphologiques ou physiologiques qui influent sur l'expression du rapport paille/grain.

On demandera aux centres de recherches spécialisés dans l'étude des mils en Afrique et ailleurs (Indes, USA), qui disposent déjà d'une collection de mils, de bien vouloir céder des échantillons de tous les mils de leur collection qui pourraient permettre de mesurer la variabilité des caractères qui entrent dans l'expression du rapport paille/grain.

Le matériel provenant des collections déjà existantes sera complété à l'aide d'autres formes collectées dans la nature par les membres du groupe de recherche, au cours de missions de prospections organisées spécialement dans ce but dans l'ensemble de la zone de culture du mil en Afrique, ou par certains agents bénévoles extérieurs (par exemple les agrostologues de l'ORSTOM, ou les agents de l'IRAT en poste dans certains Etats). On accordera d'autant plus d'importance au travail

de prospection dans la nature qu'il n'existe aucun mil penicillaire à l'état sauvage en dehors de l'Afrique, et que ce continent est considéré, à bon droit, comme le centre d'origine et le lieu de diversification génétique primaire de ceux-ci.

Le matériel rassemblé sera étudié au CRA de Bambey. On envisage de réaliser chaque année deux cultures ; l'une en saison sèche (février à mai) avec irrigation; l'autre en saison d'hivernage, mais avec également possibilité d'irrigation malgré le caractère pluvieux de l'époque, de façon à ne pas être tributaire pour les semis, de la date d'arrivée des pluies, qui peut être fort différente d'une année à l'autre. On envisage de consacrer à la culture de ce matériel au maximum 1 ha de terrain en saison d'hivernage, et 1/2 ha seulement en saison sèche (les cultures pouvant être faites à cette époque à une densité beaucoup plus forte du fait des modifications de croissance dues à l'action du milieu qu'il conviendra d'ailleurs d'étudier en détail).

Les études à faire sur le matériel rassemblé ne doivent pas se limiter à constater quelle est la variabilité génétique des divers caractères morphologiques et physiologiques qui interviennent dans l'expression de la valeur du rapport paille/grain. Il faudra établir aussi le degré de dépendance de ces divers caractères entre eux, mesurer l'importance relative de chacun d'eux dans l'expression de la valeur du rapport paille/grain, préciser également les mécanismes génétiques responsables des différences de valeur dans l'expression du rapport paille/grain selon les types considérés si on veut pouvoir utiliser pleinement les mutants qui pourront être produits par la suite. Il sera nécessaire à cet effet que l'on crée et que l'on analyse un certain nombre de populations hybrides à partir du matériel de collection rassemblé.

b) Etude des populations formées par la descendance du matériel traité.

Il s'agit de provoquer par traitement mutagène une réduction aussi accusée que possible du rapport paille/grain.

Les composantes théoriques capables d'intervenir dans ce rapport sont certainement très nombreuses, même en ne considérant que les composantes morphologiques. Parmi ces dernières concernant la paille, on peut distinguer la longueur des entre-noeuds, le nombre des entre-noeuds (donc des feuilles), le diamètre de la tige, le nombre total des talles (stériles + fertiles) les dimensions linéaires des feuilles, la longueur et le diamètre du rachis de l'épi etc..

Il est bien évident que toutes les composantes n'ont pas la même valeur pratique et ne sauraient être modifiées simultanément sans danger. Les caractères relatifs à la tige proprement dite interviennent beaucoup plus dans le poids de paille que ceux relatifs aux feuilles. Diminuer le nombre ou les dimensions des feuilles pourrait être un inconvénient sur le plan de l'assimilation chlorophyllienne. D'autre part, la réduction de l'appareil végétatif, tout en maintenant le poids total des épis du plant, peut risquer d'amener des accidents de végétation. Ainsi, des plants à tige mince ou flexible pourraient présenter une sensibilité accrue à la casse ou à la verse.

Il y a également lieu de supposer qu'une réduction très accentuée de l'appareil aérien pourrait s'accompagner d'une réduction corrélative de l'appareil racinaire, et sensibiliser le plant aux effets de la sécheresse. Cette dernière perspective serait très redoutable car le petit mil est la céréale réservée par vocation aux régions arides.

Il conviendra de distinguer entre l'apparition :

- de mutations de large amplitude affectant un locus isolé et provoquant une modification phénotypique majeure (apparition d'un plant nain par exemple)
- et de mutations beaucoup plus nombreuses mais d'effet individuel très réduit, capables de provoquer un déplacement de l'équilibre génique interne de la population et se traduisant par un relèvement des variances génétiques additives au niveau de certains caractères contrôlés par un système polygénique.

Les mutations de la première catégorie peuvent fournir des lignées aisément identifiables quant à leur caractère muté.

Par contre, les mutations discrètes de la seconde catégorie ne pourront être utilisées que dans le cadre d'opérations de sélection tendant à tirer parti au maximum de la variance additive, à la fois naturelle et artificiellement induite, concernant le caractère étudié, et présente au sein de la population travaillée.

De ce fait, il apparaît nécessaire de réaliser, dès le départ, une sélection parallèle sur une population contrôlée de même dimension issue de semence non irradiée appartenant à la même variété. Seule, une action ainsi orientée permettra de tester l'efficacité du traitement mutagène sur la variabilité génétique additive et dominante au niveau des systèmes

polygéniques capables d'intervenir dans l'expression des caractères étudiés.

Le nombre des mutants détectables dans la descendance d'un matériel traité ne représente souvent qu'une infime partie du nombre des plantes cultivées. Le nombre des mutants de bonne valeur agronomique, c'est à dire marquant un progrès désiré sur la variété de départ, ne constituent en outre eux-mêmes qu'une faible partie du nombre total des mutants induits. Il est nécessaire, si on veut mener à bien et à un prix raisonnable un programme à but pratique de production expérimentale de mutations, de réduire au minimum à chaque génération le nombre de plantes inutiles. C'est pourquoi il importe d'accorder une attention particulière au travail de criblage qui doit être fait à chaque génération dans la descendance du matériel irradié, et qui consiste à isoler à chacune de ces générations les plantes pour lesquelles il existe les présomptions les plus grandes qu'elles soient porteuses de mutations. On ne dispose pas, malheureusement, de méthodes très sûres pour effectuer ce tri, surtout lorsque les mutations recherchées sont des mutations discrètes d'effet individuel très réduit contrôlant le mode d'expression de certains caractères quantitatifs. La détection des mutations de ce type ne peut guère se faire avec certitude avant la 3ème ou 4ème génération.

Il faut également si l'on veut que le travail entrepris ait des chances sérieuses de réussite, que l'on puisse cultiver en M3, non seulement le maximum des descendance autofécondées retenues en M2 à la suite du criblage effectué à cette génération, mais aussi des populations M3 qui aient chacune une dimension suffisante pour permettre aux mutations produites de se révéler sous leurs formes les plus extrêmes et les plus utiles. Ceci peut poser des problèmes pratiques importants de réalisation.

La culture et l'étude des plantes de la descendance M1 (dans la mesure où celles-ci n'auront pas été cultivées et étudiées en serre à Bondy), celles des descendance M2, M3 et éventuellement d'autres descendance plus poussées, seront faites au CRA de Bambey. On envisage d'effectuer chaque année deux cultures : la première en saison sèche (février à mai) avec irrigation, la seconde en saison d'hivernage (juillet à octobre) mais avec également possibilité éventuelle d'irrigation malgré le caractère pluvieux de l'époque de façon à ne pas être tributaire pour les semis de la date d'arrivée des pluies, qui peut être fort différente d'une année sur l'autre. On prévoit de consacrer chaque année à la culture des populations issues du matériel traité :

- a) en saison d'hivernage environ 3/4 d'ha de terrain pour les descendance de la souche 1 (population d'origine sénégalaise choisie dans la

collection du CRA de Bambey), 1/2 ha de terrain pour celles de la souche 2 (population issue du croisement entre un mil du Tchad et un mil du Niger, dont les plantes peuvent être cultivées à un écartement beaucoup plus serré que celui utilisé pour les plantes de la souche 1);

- b) en saison sèche ; 1/2 ha de terrain pour les descendance de la souche 1 et 1/2 ha de terrain pour celles de la souche 2.

On s'efforcera de mettre à profit l'existence du matériel traité pour tenter de résoudre également un certain nombre de problèmes d'intérêt plus général concernant l'usage des agents mutagènes dans l'amélioration des plantes ou le mécanisme des effets provoqués par ces différents agents. Ce travail ne doit exiger la mise en oeuvre d'aucun moyen matériel supplémentaire.

4-4. Travaux de physiologie

Il paraît évident que les recherches qui visent à améliorer, par la voie génétique, le fonctionnement de la plante doivent pouvoir s'appuyer sur une meilleure compréhension des mécanismes physiologiques qui commandent ce fonctionnement.

Il en va de même des travaux relatifs aux problèmes de la fertilisation des plantes et à leur mode de culture dans le cadre de systèmes agricoles intensifs.

Les études de physiologie prévues dans le programme sont conçues essentiellement dans une optique de recherche appliquée. Elles seront effectuées selon l'enchaînement logique défini ci-après et conduites de manière à constituer autant que possible un appoint aux travaux de génétique et de sélection et à apporter finalement des éléments d'information utilisables par l'agronome.

Elles auront pour but :

- a) de déterminer la structure théorique d'un mil ayant un bilan photosynthétique optimum au moment de la formation du grain ;
- b) de vérifier ou d'infirmer, sur des types proches ou éloignés des critères définis précédemment, les hypothèses dégagées de la première étude;

- c) de préciser sur le nouveau matériel obtenu éventuellement, les nouvelles exigences des types sélectionnés : photopériodisme, alimentation minérale.

Les études entreprises en début de programme ont pour objet de préciser quelles sont les parties utiles de la plante au moment de la formation du grain (organes actifs ou de réserve).

Cette recherche s'appuiera sur les hypothèses de travail suivantes :

- a) les différents étages de végétation ont des activités photosynthétiques décroissant exponentiellement en fonction de l'épaisseur du feuillage traversé par la lumière; il s'agit de localiser le point de compensation ou l'étage d'activité nulle en dessous desquels toute activité photosynthétique est impossible;
- b) les différentes feuilles n'ont pas toutes les mêmes fonctions: on déterminera celles qui participent activement à la formation du grain;
- c) en fonction des données précédentes et d'une troisième hypothèse, on définira les caractères utiles à la plante pour produire le maximum d'appareil végétatif.

On envisage d'avoir recours pour réaliser cette étude au $^{14}\text{C}_o_2$ dont le très grand avantage est de permettre de suivre les assimilats complets comportant oses, matières azotées, acides organiques qui participent tous à la formation des nouveaux organes ou des réserves.

Il n'est nullement question de chercher à différencier les divers groupes biochimiques ni d'étudier leur transformation dans la plante. Il s'agit seulement de mesurer des intensités d'absorption de $^{14}\text{C}_o_2$, de suivre les produits formés et surtout de définir quelle est la proportion de ces produits qui parvient finalement aux graines en formation.

L'utilisation du ^{14}C , tout en facilitant le travail, devrait permettre d'analyser les phénomènes de transport d'une façon plus précise, de définir avec plus de rigueur quel est le rôle des différents organes dans les processus de synthèse et de mise en réserve, lors de la formation du grain. On espère en outre que les résultats de ces travaux permettront de décrire un ou plusieurs modèles théoriques de plantes pouvant être utilisés comme guides de sélection.

Une première vérification de l'intérêt de ces modèles pourra être effectuée sur des types se différenciant des critères définis précédemment .

Lorsque cette première partie du programme aura été déterminée, on envisage d'entreprendre alors dans un deuxième temps des études sur l'alimentation minérale et sur le développement des variétés qui auront pu être créées entre temps afin de préciser leurs exigences.

Les études de physiologie seront réalisées au CRA de Bambey. Les plantes utilisées seront cultivées en vase de végétation et en serre de façon à se garantir au maximum des accidents qui peuvent résulter des variations du milieu naturel et augmenter le nombre des cycles culturaux et donc des traitements expérimentaux réalisables au cours d'une année de travail.

Le matériel végétal utilisé dans les expériences sera prélevé dans les populations en étude aux différents stades de leur évolution : souches de départ, mutants extraits de la descendance du matériel traité, variétés nouvelles créées à partir de ces mutants.

4- 5. Création de nouvelles variétés.

La manipulation des mutants en vue d'aboutir à la création d'une nouvelle variété de mil utilisable en culture africaine constitue un travail délicat.

Il faut tenir compte de la nature des mutations produites.

Il faut tenir compte aussi du fait que le mil est une espèce diploïde allogame qui manifeste de façon sensible des effets bénéfiques d'hétérosis et chez laquelle l'autofécondation répétée produit le plus généralement des effets dépressifs. Il convient cependant de noter que ces effets d'hétérosis et d'inbreeding intéressent proportionnellement beaucoup plus le système végétatif que le système reproducteur.

On a le choix entre plusieurs méthodes de travail.

a) utilisation directe des mutants

Une forme d'utilisation simple et rapide mais qui ne tient pas compte de l'existence des effets bénéfiques d'hétérosis chez le mil, est fournie par la multiplication des lignées mutées obtenues par autofécondations successives. L'inconvénient de ce système est qu'il risque de se

répercuter défavorablement sur les rendements compte tenu des effets d'inbreeding. Il serait peut être possible d'y remédier en jouant sur la densité de semis.

Le travail ne présente aucune difficulté dans le cas des mutations à effets majeurs.

Dans le cas des mutations à effets mineurs, il conviendra de procéder d'abord à des sélections cumulatives au sein de la population traitée en vue d'obtenir une concentration aussi poussée que possible des gènes mutés ou non, contrôlant les caractères soumis à sélection. Cette étude devra se faire à partir de diagrammes de fréquences dont on exploitera seulement certaines classes exprimant au maximum le caractère recherché. Ces diagrammes seront à rapprocher de diagrammes similaires provenant d'une population témoin non traitée.

b) Utilisation des lignées mutées pour la création de synthétiques ou d'hybrides.

Avant d'amorcer un tel travail de création de composites améliorés ou d'hybrides, il paraît absolument nécessaire d'effectuer une analyse génétique des transformations phénotypiques obtenues chez les mutants.

En effet, les différentes lignées mutées montreront sans aucun doute des mutations génétiquement distinctes. Il s'agira alors de déterminer si une même mutation apparente chez plusieurs lignées est due au même gène muté ou à des gènes situés en des loci distincts. Il est également de première importance pour la suite des travaux, de savoir si ces gènes sont récessifs (ce qui sera sans aucun doute le cas général) ou dominants.

Il faut que l'amélioration du rapport paille/grain manifestée par les diverses composantes de l'hybride ou de la population synthétique que l'on se propose de créer, soit commandée par les mêmes gènes si on ne veut pas courir le risque de voir disparaître en F1 le caractère soumis à une sélection. Ce risque apparaît pleinement lorsqu'il s'agit de gènes récessifs.

b1. Population synthétique

On prétend moins utiliser un effet systématique d'hétérosis qu'exploiter en générations avancées certains effets génétiques additifs.

Les lignées devant entrer dans la constitution du synthétique devront être testées au préalable pour leur aptitude générale à la combinaison. Le testeur pourra être la variété de départ non irradiée.

b2. Combinaisons hybrides.

Dans ce cas, il s'agit d'exploiter un effet d'hétérosis lié à la F1. Afin d'obtenir un effet d'hétérosis maximum, il y aura lieu de choisir les deux composantes de l'hybride aussi distinctes que possible génétiquement.

Il est évidemment indiqué de prendre l'une de ces composantes dans le matériel végétal local muté- L'autre composante devra être un mil ayant une origine géographique très différente et un rapport paille/grain aussi bas que possible mais qu'il conviendra probablement d'améliorer encore en lui transférant par back-cross les gènes mutés présents dans la souche locale.

On sera plus vraisemblablement amené, dans les premières phases d'un programme de création d'hybrides, à faire appel à des populations améliorées plutôt qu'à des lignées et à utiliser des effets d'hétérosis intervariétal.

Plus tard, à partir de l'hybride intervariétal créé, on pourra envisager la création de lignées autofécondées extraites de chaque composante par sélection récurrente réciproque, et aboutir à la constitution d'hybrides de formule restreinte.

Il peut paraître utile d'introduire dans le programme de travail les lignées stériles mâles qui existent chez les mils. Il y a actuellement deux lignées stériles mâles génétiquement différentes, l'une en provenance des USA (Tifton), l'autre des Indes (Ludhiana). Mais il n'est pas exclu que d'autres types stériles mâles puissent être isolés du matériel traité.

En réalité, le choix exact de la méthode à suivre ne sera défini qu'ultérieurement lorsqu'on connaîtra le nombre et les caractéristiques des mutants dont on pourra disposer.

Le travail de création des nouvelles variétés à partir des formes mutées obtenues sera effectué au CRA de Bambey - On envisage de faire deux campagnes de travail par an: l'une en saison

sèche, l'autre en hivernage- On estime que pour pouvoir réaliser ce travail, il faudrait disposer d'environ 1 ha de terrain en saison sèche aussi bien qu'en saison d'hivernage et que le terrain utilisé puisse être irrigué à l'une et à l'autre de ces deux saisons.

4- 6. Adaptation des techniques agricoles aux nouvelles exigences des mutants sélectionnés dans un but d'utilisation pratique

Le programme consistera essentiellement en un travail d'expérimentation agricole.

On envisagera indistinctement les synthétiques ou les hybrides. Qu'il s'agisse de l'une ou l'autre formule, on aura affaire à des plants dont le développement végétatif sera réduit d'une part, et les exigences alimentaires accrues d'autre part.

Les essais porteront sur :

- les dates de semis : des essais de semis échelonnés seront effectués afin de tester l'influence de semis différés non seulement sur le développement et sur le rendement du matériel végétal nouveau, eu égard notamment à l'incidence de certains parasites et prédateurs, mais aussi sur les conditions agronomiques générales d'utilisation (couverture du sol par exemple);
- les densités de semis : ces essais revêtent une très grande importance; il est en effet probable que la réduction du développement végétatif des plants se traduira par un rendement individuel tout au plus égal à celui d'un plant ordinaire; un accroissement des rendements ne pourra par conséquent être obtenu que par la possibilité d'adopter des densités de peuplement plus élevées; des densités de 10 à 15 plants au m² sont envisageables, en fonction notamment des taux de tallage potentiel des plants;
- la mise au point de techniques nouvelles de semis, d'entretien et de récolte: les caractéristiques de port et de développement et les exigences du matériel nouveau détermineront vraisemblablement l'adoption de dispositifs de culture nouveaux, tels que par exemple les fortes densités sur la ligne (15 à 25 plants au mètre) avec semis mécanique, suppression du démarriage et interligne relativement importants: il conviendra d'étudier les modalités d'entretien adaptées à ces dispositifs; le problème de la récolte mécanique et des conditions de sa réalisation devra également être étudié;

- la fertilisation minérale en combinaison avec les densités de semis: les essais porteront sur des combinaisons factorielles de fumures et de densités de semis;
- le travail du sol et la fumure : des essais combinés feront intervenir à la fois le mode de travail du sol(époque et profondeur du labour) et l'apport de fumure adéquate;
- le comportement multilocal du matériel nouveau : le Sénégal, sur le plan des rendements du petit mil, peut se diviser en strates sensiblement parallèles, orientées est-ouest, les rendements augmentant du nord au sud avec la pluviométrie; il conviendra de prévoir, sur un certain nombre de points d'essais représentatifs de ces différentes strates, la réalisation systématique d'essais de comportement du matériel nouveau.

Le principe de la multilocalité des essais ne sera limité ni à ces seules études de comportement, mais devra également être systématiquement étendu à l'ensemble des essais agronomiques, ni au seul territoire Sénégalais. Il sera nécessaire de tester et éventuellement d'adapter dans des zones de culture de mil étrangères au Sénégal les résultats obtenus dans ce pays.

Trois points d'essais paraissent pouvoir être choisis à cet effet:

- la Station de Tarna et le point d'appui de Tillabery , au Niger :
 - . la culture du mil penicillaire revêt une importance de premier plan dans ce pays (1 600 000 ha);
 - . les points choisis sont l'un et l'autre situés dans l'aire de culture des mils hâtifs à cycle court, ce qui correspond aux caractéristiques écotypiques envisagées par l'étude entreprise;
 - . la proximité de Tillabery par rapport à la frontière malienne, permettra de faire bénéficier la région orientale du Mali(Gao) des résultats de l'expérimentation qui y sera conduite, en plus de la vallée moyenne du Fleuve Niger, à la mise en valeur de laquelle s'intéresse le FED;
 - . le choix de ces points se justifie en outre par l'existence d'une infrastructure de recherche;
- éventuellement la Station de Kaedi en Mauritanie :
 - . l'expérimentation qui y serait conduite intéresse non seulement la majeure partie des cultures de mil de Mauritanie, mais

aussi la région limitrophe du Sénégal oriental (40 000 ha de mil);

- . cette station est représentative de conditions écologiques sensiblement différentes de celles de Bambey, tout en étant assez comparables à celles où l'on propose de conduire les expérimentations au Niger;
- . ces études pourront être utiles à la réalisation du projet F.S.N.U de mise en valeur de la Vallée du Fleuve Sénégal (Comité Inter- Etats.)