

**AMÉLIORATION DES MILS
AU SÉNÉGAL**

*Synthèse des résultats obtenus
au cours des quatre premières années de travail
et conclusions générales*

par

A. F. BILQUEZ

Directeur du Projet pour la période 1970-1974

PROJET FED. 215.015.25
Convention n° 549/SE

CONTRAT D'ÉTUDE n° 693
O.R.S.T.O.M. – I.R.A.T.

REPUBLIQUE
DU
SENEGAL

Primature

DELEGATION GENERALE
A LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE

AMELIORATION DES MILS
AU SENEGAL

Synthèse des résultats obtenus au cours des quatre
premières années de travail et conclusions générales

par

A. F. BILQUEZ
Directeur du Projet pour
la période 1970 - 1974

Projet FED 215.015.25
Convention n° 549/SE

CONTRAT D'ETUDE n° 693
ORSTOM - IRAT

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
(I. S. R. A.)

ERRATA

- page 13 ligne 21 lire " aliment de lest " au lieu de " test"
- page 14 ligne 32 lire " divers modèles de plantes " au lieu de "problèmes"
- page 18 ligne 28 lire " et si possible supérieures" au lieu de "supérieurs"
- page 27 ligne 17 lire " égale à sa consommation respiratoire" au lieu de " composition "
- page 30 ligne 6 lire " 60 cm" et non 6 cm).
- page 32 ligne 14 lire " conduire à une amélioration " au lieu de "alimentation"
- page 36 ligne 29 lire "A1, A2, A3" au lieu de 23
- page 52 lire à la dernière ligne " dernièrement " au lieu de "sernièrement"

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE I : <u>LES OBJECTIFS DEFINIS AU DEPART</u>	Page
Point de la situation après quatre années de travail	
1. Amélioration du rendement en graine par hectare	3
1.1. Recherche de nouvelles architectures de plantes	4
1.2. Recherche d'un meilleur ajustement du cycle végétatif des mils cultivés aux conditions pluvio- métriques variables de la zone de culture	9
2. Faire du mil une plante capable de s'intégrer dans un système de culture intensive	12
CHAPITRE II : <u>LE PROGRAMME DE TRAVAIL ET SON ECHEANCIER</u>	
Point de la situation après quatre années de travail	
1. Structure du programme	18
2. Echeancier	19
3. Structure du groupe de recherche	22
4. Etude de la situation après quatre années de travail	24
4.1. L'échéancier	24
4.2. Analyse sectorielle du programme	25
4.2.1. Inventaire de la variabilité naturelle existant à l'intérieur de l'espèce <u>Pennisetum typhoides</u>	25
4.2.2. Nutrition carbonée et définition de plantes types dont l'économie photosynthétique soit optimum	26
4.2.2.1. Etudes de photosynthèse, respira- tion et migration des assimilats	26
4.2.2.2. Densité critique	28
4.2.2.3. Création de modèles à haute capa- cité de production en graine/ha	30
4.2.2.4. Autres travaux	31
4.2.3. Création de nouveaux modèles architecturaux de plantes	32

	Page
4.2.4. Ajustement des différents modèles d'architecture de plantes aux conditions du milieu	33
4.2.4.1. Durée du cycle végétatif des plantes	33
4.2.4.2. Résistance au mildiou	33
4.2.5. Exploitation des phénomènes de vigueur hybride (hétérosis) pour l'amélioration du rendement en graine par hectare	36
4.2.5.1. Travaux de nature méthodologique	36
4.2.5.2. Stérilité mâle cytoplasmique	36
4.2.5.3. Croisements tests en vue de la mesure du degré d'aptitude à la combinaison que peuvent avoir les lignées entre elles	39
4.2.5.4. Remplissage en graine des chandelles	40
4.2.6. Qualités nutritionnelles et organoleptiques du grain	40
4.2.7. Recherches agronomiques	41
4.2.7.1. Techniques culturales	42
4.2.7.2. Incidence du point de vue du facteur travail de l'introduction des nouveaux mils dans un système de production	45
4.2.7.3. Enracinement	47
4.2.7.4. Autres travaux de recherches agronomiques	48
CHAPITRE III : <u>CONCLUSIONS GENERALES</u>	51

CHAPITRE I

LES OBJECTIFS DEFINIS AU DEPART

Point de la situation après quatre années de travail
au regard de ces objectifs

Le projet d'amélioration des mils dont les premières années de travail ont été financées par le FED (Convention SE 215.015.25) concerne la mise en oeuvre d'un programme de recherche appliquée agronomique ayant pour objectif la création de nouvelles variétés de mil au Sénégal.

Rappelons que le mil constitue dans ce pays la base de l'alimentation des populations rurales. On estime, en pays Serère, qu'il faut 400 grammes de mil par jour et par personne pour satisfaire les besoins de nourriture.

Le mil occupe de ce fait une part très importante des surfaces de terrain mises chaque année en culture au Sénégal : 40% environ de celles-ci dans la moitié nord du pays où la pluviométrie est inférieure à 650 mm, ce qui équivaut approximativement à 90% du total des terres réservées à la culture des céréales dans cette région. Dans le Sine-Saloum, plus au Sud, où la pluviométrie annuelle varie de 700 à 900 mm, le mil, bien que n'occupant plus que 21% des terres cultivées, reste la céréale la plus cultivée : 70% des surfaces réservées aux céréales. Ceci malgré la concurrence du sorgho et du maïs, mieux adaptés que le mil aux zones à pluviométrie plus élevée.

On évalue à environ 600 000 hectares le total des terres réservées chaque année à la culture du mil au Sénégal. Mais, étant donné le faible rendement en graine par hectare des mils actuellement cultivés (520 kg de graine par hectare en moyenne pour l'ensemble du Sénégal), la production annuelle dépasse rarement 350.000 tonnes. Ce qui, joint aux productions des autres céréales cultivées dans le pays (riz, sorgho et maïs), est notoirement insuffisant pour couvrir les besoins en céréales du Sénégal.

L'amélioration du mil au Sénégal a été envisagée par le Gouvernement du Sénégal dans une double optique :

1° / Amener le rendement moyen en graine par hectare au seuil nécessaire pour permettre d'assurer les besoins en nourriture de la population aux différentes étapes du futur, compte tenu des surfaces pouvant être consacrées effectivement à la culture de cette plante à ces différentes étapes.

Or le futur, c'est une population dont le taux d'accroissement global est compris entre 2,2 et 2,5% par an.

2° / Faire du mil une plante capable de s'intégrer dans un système de culture intensive, seule forme d'agriculture pouvant permettre un progrès économique important à l'échelon national, en même temps que d'assurer l'évolution souhaitée d'un monde rural qui représente 80% des forces vives de la nation.

I - AMELIORATION DU RENDEMENT EN GRAINE PAR HECTARE

Le Gouvernement du Sénégal a, dans cette perspective, entrepris depuis un certain nombre d'années déjà une série d'actions qui ont porté sur la diffusion de semences sélectionnées à partir des variétés locales (souma II et souma III), l'accroissement sensible des fumures minérales, l'introduction de techniques culturales plus adéquates et l'introduction de la culture attelée.

Il est cependant assez rapidement apparu qu'en raison de certaines caractéristiques, aussi bien morphologiques que physiologiques, de ces mils locaux (fussent-ils sélectionnés), cet ensemble de mesures risquait fort de ne pouvoir conduire aux rendements en graine par hectare nécessaires pour satisfaire aux exigences du Plan de Développement du Sénégal dans un avenir relativement proche.

On peut admettre, en effet, que de telles mesures, à condition d'être appliquées rigoureusement par l'ensemble de la masse paysanne, pourraient permettre de satisfaire les objectifs du 4ème Plan de Développement. (Le 4ème Plan de Développement, actuellement en cours de réalisation, prévoit qu'à son échéance - 30 juin 1977 - la production des mils et des sorghos au Sénégal devra atteindre 750.000 tonnes pour 1.050.000 hectares de terres consacrées à la culture de ces deux plantes. Soit un rendement moyen de 715 kg de graine par hectare pour ces deux productions; ce qui représente une augmentation du rendement moyen à l'hectare, pour l'ensemble du Sénégal, de près de 40% par rapport à ce qu'il est maintenant).

On peut fortement douter, par contre, que ces mesures puissent suffire pour permettre d'atteindre les objectifs ultérieurs du Plan de Développement du Sénégal qui prévoit, par exemple, qu'à l'horizon 1980 le rendement moyen en graine par hectare pour les mils sur l'ensemble du territoire devra être de 1000 kg, soit près du double de ce qu'il est actuellement. Bien qu'un tel progrès apparaisse théoriquement possible, si l'on se réfère aux rendements moyens ayant déjà pu être obtenus en milieu paysan, selon un document de l'IRAT/Sénégal reproduit dans le vol. I de ce rapport (tableau 4).

Il a néanmoins paru plus prudent au Gouvernement du Sénégal, compte tenu de la difficulté à généraliser l'emploi en milieu paysan de l'ensemble des mesures nécessaires pour permettre d'arriver à des rendements aussi élevés que ceux indiqués dans ce tableau, d'orienter, dès avant 1970, l'action de la Recherche Agronomique vers la création de nouvelles variétés de mil qui aient des potentialités de rendement en graine par hectare nettement supérieures à celles des variétés cultivées jusqu'alors. D'où la mise en place du programme dont les quatre premières années de travail ont été financées par le FED.

Les efforts de recherche entrepris au cours de ces quatre premières années de travail ont été dirigés prioritairement vers la

recherche d'architectures nouvelles de plantes caractérisées par un meilleur rapport grain /paille (voir chapitre suivant). Il apparut toutefois, en cours de travail, à la suite des études faites par le Service de bioclimatologie du Centre National des Recherches Agronomiques de Bambey (durée de la saison des pluies utiles pour l'agriculture, répartition, fréquence et probabilité des quantités de pluie, besoins et exigences hydriques des cultures de mil, confrontation de ces exigences avec les données pluviométriques), qu'un relèvement important du niveau de la production des mils à l'échelon du territoire donc du rendement moyen en graine par hectare pour l'ensemble du territoire, devrait pouvoir être obtenu par un meilleur ajustement du cycle végétatif des mils aux conditions pluviométriques variables de la zone de culture dans toute la moitié nord du Sénégal (voir carte des rendements du mil au Sénégal. Vol I - Tab.5).

1.1.- Recherche de nouvelles architectures de plantes

On tend à admettre aujourd'hui, à la suite de très nombreux travaux faits dans les Centres de Recherches Agronomiques au cours de ces deux dernières décennies, en particulier de ceux faits au Sénégal au Centre National de Recherches Agronomiques de Bambey, que l'un des obstacles majeurs à l'acquisition des très hauts rendements en graine par hectare souhaités chez le mil, pourrait bien être constitué par le fait que les mils actuellement cultivés en Afrique ont un comportement physiologique qui s'apparente beaucoup plus à celui d'une herbe servant à faire du fourrage qu'à celui d'une céréale destinée à produire du grain. En ce sens que le mil, dont la capacité à fabriquer de la matière sèche est très grande, même sur des sols pauvres et secs, convertit malheureusement la plus grande partie de cette matière sèche en tiges et en feuilles au lieu de la convertir en épis et en graine.

On notera à cet égard, et à titre d'exemple, qu'alors que, sur un total de 100 grammes de matière sèche fabriquée par la plante, il n'y a chez les mils traditionnels sénégalais que 15 à 20% de cette matière sèche qui soit convertie en graine, il y en a 44% dans le cas d'un maïs comme la variété ZM 10, 55% dans le cas d'un riz à paille courte comme la variété Tafchung native. (voir vol. I - tab.2).

C'est pourquoi le programme d'amélioration des mils développé au Sénégal depuis 1970 a été orienté prioritairement vers une amélioration du rapport qui existe entre la quantité totale de matière sèche fabriquée par la plante et la part de cette matière sèche transformée en graine, ce que les agronomes de langue anglaise appellent " The harvest index".

Plutôt que d'utiliser ce rapport grain/matière sèche totale, ou l'inverse, les agronomes de langue française préfèrent généralement utiliser le rapport grain/paille, c'est à dire grain/tiges + feuilles ou l'inverse.

Il y avait le choix entre deux voies de travail :

- soit chercher à augmenter le rapport grain/paille en s'attachant à l'accroissement de la quantité de graine par plante. A condition que cela n'entraîne pas une forte augmentation corrélative de la quantité de matière verte (feuilles et tiges). Ce qui se traduirait par un développement végétatif - donc un encombrement - important de la plante, et obligerait à adopter en culture des écartements plus grands entre plantes. On risquerait alors de perdre, au niveau de l'hectare, le gain de rendement en graine obtenu au niveau de la plante.

- soit chercher à augmenter le rapport grain/paille en s'attachant à la diminution de la quantité de matière verte par plante (poids des feuilles et surtout des tiges). A condition que cela n'entraîne pas une forte diminution corrélative du poids de graine par plante. Mais la diminution de matière verte correspond à un plus faible volume végétatif de la plante, donc à un plus faible encombrement. De ce fait, la densité de plantes par hectare pourra être plus élevée. Plus élevé également le nombre de chandelles par hectare. On ne pourra admettre une baisse du poids de graine, au niveau de la chandelle, que si elle se trouve largement compensée par un nombre accru de chandelles par hectare, tel qu'il fasse plus que d'annuler un éventuel effet dépressif sur le rendement en graine par hectare, et permette une augmentation de ce rendement.

C'est cette seconde voie qui a été adoptée dans le programme de travail développé depuis 1970 au Sénégal. (La première correspond en fait à la voie qui a été suivie jusqu'à présent par les sélectionneurs de mil. Elle a permis de faire d'indiscutables progrès. Mais il ne semble pas que l'on puisse espérer maintenant pouvoir aller beaucoup plus loin.)

Il y a à distinguer, en réalité, dans ce programme deux opérations différentes :

- la première qui est de créer des mils chez lesquels la part de la matière sèche totale convertie en graine est supérieure à ce qu'elle est chez les mils actuels (amélioration du rapport grain/paille),

- la seconde qui est de rechercher, pour les mils ayant cette qualité, une morphologie qui leur permette d'être cultivés à des écartements tels que le produit : poids de graine par chandelle x nombre de chandelles par hectare, fournisse une quantité totale de graine par hectare supérieure à celle des mils actuellement cultivés.

La première opération est théoriquement assez facile à réaliser. On a pu effectivement obtenir, par croisement des mils africains traditionnels avec certaines variétés naines de mils provenant les unes des U.S.A., les autres du Continent Indien, des recombinants dont les caractéristiques répondent parfaitement au but recherché. (voir vol. I-tab. 18 et 19). Il ne faudrait cependant pas croire qu'il suffit d'extraire

de la descendance des croisements effectués toutes les plantes de taille moins élevée que celle des mils traditionnels pour qu'il s'ensuive automatiquement une amélioration du rapport grain/paille (voir vol. I tab. 16).

La seconde opération s'avère par contre beaucoup plus délicate: Comment en effet déterminer, au moment des choix que le sélectionneur est obligé de faire parmi tout le matériel disponible, que certains types de matériel seront plus susceptibles que d'autres de conduire à une meilleure combinaison entre le poids de graine par chandelle et le nombre de chandelles par hectare, au stade ultérieur de la culture en champ paysan ?

C'est aux physiologistes qu'il a été demandé de tenter de résoudre ce problème.

Le programme de travail qui leur a été proposé est le suivant : Essayer de définir quels sont les modèles architecturaux de plantes qui puissent permettre à des plantes mises en communauté, (c'est à dire dans les conditions normales de concurrence existant en culture), de maximiser la part de la matière sèche totale fabriquée par la plante qui peut être convertie en grain, en même temps que d'utiliser au mieux pour la formation de ce grain les ressources du milieu : l'énergie solaire, l'eau, les réserves naturelles du sol en éléments minéraux et organiques, les engrais.

Il a été décidé, lors de la discussion de ce programme de travail, que l'accent serait mis uniquement au cours des quatre premières années de travail sur la nutrition carbonée du mil, en relation avec la photosynthèse ; plus particulièrement sur la définition de plantes types dont l'économie photosynthétique soit optimum; tous les travaux faits au cours de cette période ont donc été réalisés dans l'hypothèse que seule l'énergie lumineuse était un facteur limitant; c'est une chose à ne pas oublier si on veut interpréter correctement les résultats obtenus.

Ces travaux ont conduit à la notion de densité critique, représentée par le nombre de tiges fructifères existant par hectare au delà duquel la production en graine par hectare commence à décroître. Ceci en raison du fait qu'il se produit à l'intérieur du couvert végétal, à partir de cette densité de tiges, un ombrage tel que l'énergie lumineuse reçue par les strates foliaires inférieures de ce couvert se révèle insuffisante pour assurer les besoins respiratoires de ces strates, et que celles-ci deviennent alors consommatrices d'une partie des assimilats excédentaires produits par les étages foliaires supérieurs, au détriment des assimilats nécessaires pour permettre une formation optimum des organes reproducteurs et du grain (vol. II - chapitre 1 et 2).

On avait espéré qu'il serait possible de trouver une relation entre la densité critique et certains paramètres d'architecture des plantes.

La formule mathématique à laquelle sont parvenus les physiologistes (vol. II, annexe 1) ne tient compte que de la surface foliaire totale, projetée orthogonalement au sol, par hectare.

C'est un résultat assez surprenant pour qui travaille sur le terrain. On est en particulier assez étonné que la densité critique soit sans relation avec le degré "d'aération" de la plante, c'est-à-dire la distance qui existe entre deux étages foliaires successifs. On peut en effet parfaitement concevoir que deux types de plantes aussi dissemblables que ceux dont nous avons donné les photographies dans le rapport de lère année (photographie n° 17, plante d'aspect très touffu par suite d'un empilement très serré des étages foliaires les uns sur les autres, interdisant à la lumière de pénétrer profondément dans la masse, photographie n° 18 ou 19: plantes avec étages foliaires bien séparés les uns des autres, permettant une pénétration profonde de la lumière à l'intérieur de la masse végétative) puissent avoir l'une et l'autre une surface foliaire totale projetée au sol qui soit équivalente; il serait surprenant qu'il n'y ait pas, pour une même densité de tiges par hectare, plus d'étages foliaires déficitaires dans un couvert végétal formé de plantes du premier type que dans le second.

Il est difficile, en l'état actuel d'avancement des travaux, de pouvoir affirmer que la formule établie traduit bien la réalité des faits. Même s'il est vrai que la densité critique, calculée à partir de mesures biométriques effectuées au moment de la floraison mâle sur des talles d'un couvert de mil traditionnel précoce du type souna III cultivé au Sénégal, ait abouti à un nombre de talles par hectare qui corresponde étroitement à celui observé dans les champs cultivés à la densité agronomique optimale pour le rendement, (telle qu'elle a été déduite par les agronomes à la suite de nombreux essais comparatifs de rendement) (vol II - chap. 6). Cela peut n'être qu'une heureuse coïncidence. Il sera nécessaire de multiplier dans le futur des expériences permettant de calculer la densité critique, et définir la densité agronomique optimale sur d'autres types de matériel végétal.

La notion de densité critique à laquelle ont abouti les travaux des physiologistes est une notion qui nous semble personnellement très riche d'avenir, et on ne peut que souhaiter de voir poursuivre les études sur ce sujet. Il nous semble en particulier qu'un calcul de densité critique, effectué sur chacune des descendance F1 provenant des croisements faits pour mesurer le degré d'aptitude à la combinaison pour le rendement en graine/ha que peuvent avoir les différentes lignées en cours d'étude, opération clé du travail de sélection pour le rendement chez toutes les plantes allogames, catégorie à laquelle appartient le mil, devrait permettre de choisir bien mieux qu'actuellement celles à utiliser pour constituer les populations synthétiques ou les hybrides à mettre en culture.

Il ne nous a pas été possible d'expérimenter le bien fondé de l'emploi de cette technique, le travail n'étant pas encore parvenu à ce stade. L'échéancier de travail établi au départ du programme ne prévoyait

pas, en effet, que les travaux à faire en vue de la maximisation du rendement en graine/hectare puissent être entrepris avant la fin de la quatrième année de contrat (voir plus loin les détails sur cet échéancier).

Si l'on admet, d'une part que la notion de densité critique à laquelle ont abouti les travaux des physiologistes, et d'autre part que la formule de la densité critique à laquelle ils sont parvenus actuellement, correspondent bien l'une et l'autre à une réalité, il apparaît indiscutable que la voie de recherche dans laquelle a été engagé le travail devrait permettre de réaliser l'objectif que l'on s'était fixé : Créer des variétés nouvelles de mil dont le potentiel de rendement en graine/hectare soit supérieur à celui des mils actuellement cultivés.

Les études faites par les physiologistes sur un certain nombre de lignées d'architectures très différentes, choisies parmi un éventail très large de lignées provenant de croisements ayant mis en jeu des géniteurs africains correspondant à des variétés de mils traditionnels très divers, montrent en effet que, parmi les lignées caractérisées par un rapport grain/paille supérieur à celui des mils traditionnels, le plus grand nombre manifeste déjà au stade lignée - (donc avant même qu'aient été exploités les phénomènes d'hétérosis) des potentialités de rendement par hectare au moins égales à celle des mils traditionnels. Sur un échantillonnage de 44 lignées analysées (vol. II - annexe 2), il y en a 35 qui ont un rapport grain/paille significativement supérieur à celui des mils traditionnels; sur ces 35 lignées il y en a 20 qui manifestent des potentialités de rendement au moins égales à celle de la population de mil traditionnel amélioré souna III, la plus cultivée actuellement au Sénégal, dont 8 pour lesquelles ces potentialités de rendement dépassent d'au moins 25% celles des mils traditionnels. Ce qui représente à ce niveau, une plus-value du rendement en graine de 1000 kg par hectare. Ceci bien entendu, sous réserve que ni l'alimentation minérale, ni l'alimentation hydrique n'apparaissent comme des facteurs limitants.

Seul l'avenir pourra dire, à condition que le programme soit poursuivi dans la voie tracée, si ces promesses peuvent devenir réalité.

L'avenir, en la circonstance, consiste à rechercher par des croisements entre lignées d'origines génétiques différentes, quelles sont celles qui ont la meilleure aptitude à se combiner pour le rendement en graine/hectare, en vue de la création des populations ou hybrides à distribuer en culture. On ne saurait en effet, sous prétexte que certaines des lignées auxquelles on a appliqué le test de densité critique semblent témoigner individuellement des potentialités de rendement supérieures à celles des mils actuellement cultivés, envisager que celles-ci puissent être exploitées directement en culture. Ce serait méconnaître gravement les lois de l'évolution des populations chez les plantes allogames, catégorie à laquelle appartient le mil. Ce serait faire fi aussi de toutes les études qui ont déjà pu être faites sur les mécanismes génétiques du rendement en graine chez le mil.

1.2. Recherche d'un meilleur ajustement du cycle végétatif des mils cultivés aux conditions pluviométriques variables de la zone de culture

On doit à la vérité de dire que si, au départ du projet, des contraintes de cycle ont bien été imposées aux sélectionneurs, celles-ci n'ont pris la signification d'un meilleur ajustement aux conditions pluviométriques variables de la zone de culture qu'après que le projet ait été démarré.

Les contraintes de cycle qui avaient été imposées au départ aux sélectionneurs trouvaient leur origine dans le désir des agronomes d'avoir à leur disposition des mils dont la récolte puisse avoir lieu avant ce que les bioclimatologistes appellent la dernière pluie utile, (c'est-à-dire la dernière pluie après laquelle le sol garde une humidité suffisante pour être travaillé encore dans de bonnes conditions pendant dix jours) de façon à pouvoir faire suivre la récolte du mil d'un labour de fin de cycle, dont les agronomes avaient déjà montré à cette époque tout l'intérêt pour le rendement de la plante industrielle qui suit le mil dans l'assolement (généralement l'arachide ou le coton).

D'autres études faites au cours de ces quatre dernières années, au CNRA de Bambey, ont montré que cette technique avait aussi le grand intérêt, dans les sols sableux du Sénégal qui sont par excellence le domaine du mil, de permettre à l'eau encore disponible dans ces sols en fin d'hivernage d'être stockée entre 30 cm et 2 m de profondeur, pendant toute la saison sèche, pour être remise à la disposition des plantes, si besoin est, au cours de la campagne agricole suivante garantissant ainsi ces plantes contre certains accidents possibles de sécheresse dus à une trop forte irrégularité des premières pluies (C. DANCETTE et R. NICOU 1974 - Economie de l'eau dans les sols sableux du Sénégal - Doc. DGRST - IRAT/Sénégal).

Il était apparu, lors de la définition du programme de travail, que compte tenu de la date à laquelle se situe la dernière pluie utile dans les zones de culture du mil où l'on peut prévoir que se développera prioritairement l'emploi de la technique des labours de fin de cycle (le Sine Saloum d'une part, les régions de Thiès et de Diourbel d'autre part), l'effort des sélectionneurs devrait être orienté vers la création de deux types de mil : l'un dont la durée du cycle végétatif soit de l'ordre de 70 à 75 jours, l'autre dont la durée du cycle végétatif soit de l'ordre de 90 jours.

Les années successives de sécheresse que le Sahel a connues dernièrement et qui ont abouti au grave problème de la faim que l'on sait, avaient conduit les Gouvernements des pays intéressés, réunis en septembre 1973 à Ouagadougou, à inciter les agronomes à revoir le problème de l'adaptation des cultures céréalières aux conditions climatiques variables de la zone, et à préconiser un effort important de

sélection pour une précocité plus grande des espèces céréalières cultivées dans l'ensemble de la zone.

Les études faites par le service de bioclimatologie du CNRA de Bambey sur la durée de la saison des pluies utiles pour l'agriculture, la répartition, la fréquence et la probabilité des quantités de pluie, les besoins et les exigences hydriques du mil et la confrontation des données pluviométriques avec ces exigences, ont montré de façon très nette que pour la moitié nord du Sénégal où la détermination de la saison des pluies répond à des critères très précis, l'orientation prise en faveur de variétés à cycle de plus en plus court paraissait effectivement inéluctable.

Il semble maintenant hors de doute que les mils actuellement cultivés dans la zone nord sénégalaise (région du Fleuve) et même dans la zone Centre nord (partie nord des régions de Thiès et de Diourbel) dont la durée du cycle végétatif est de 90 jours, ont un cycle végétatif beaucoup trop long pour assurer d'une façon régulière le rendement en graine auquel ils peuvent conduire quand leur condition d'alimentation hydrique sont satisfaites.

Il ressort des travaux faits par l'équipe de chercheurs du CNRA de Bambey que si dans la région de Bambey (latitude nord $14^{\circ}30'$, pluviométrie annuelle moyenne 648 mm) des mils ayant une durée de cycle végétatif de 90 jours peuvent être cultivés avec au moins 80% de chance de succès chaque année, ces chances de succès ne sont plus que de 42% quand on se déplace vers le nord, dans la région de Louga (latitude nord $15^{\circ}30'$, moyenne pluviométrique 481 mm) et de 26% seulement, quand on se déplace encore plus au nord dans la région de Podor (latitude nord $16^{\circ}30'$, pluviométrie moyenne 333mm). Pour retrouver une chance de succès d'au moins 80% chaque année, il faudrait que les mils cultivés dans la région de Louga n'aient pas un cycle végétatif (intervalle semis-récolte) qui dépasse 75 jours, et pour ceux cultivés dans la région de Podor un cycle végétatif qui dépasse 60 jours (voir DANCETTE et al. 1974, "Pour une meilleure rentabilisation agricole des ressources pluviales dans les sols sableux d'Afrique Tropicale sèche". Doc DGRST-IRAT/Sénégal).

Il aurait été inconcevable que les sélectionneurs ne tiennent pas compte de ces différentes données, ceci d'autant que lorsqu'on compare la carte des rendements du mil au Sénégal avec la répartition des surfaces cultivées en mil (ou devant l'être en 1980) dans les différentes régions du Sénégal (voir vol. I - tab. 5) on voit très clairement quelle est l'importance du gain de production en mil à l'échelon du territoire, (donc du rendement moyen en graine par hectare pour l'ensemble du Sénégal) qui devrait résulter du seul fait d'un relèvement du rendement en graine par hectare des mils cultivés dans la moitié nord du Sénégal.

C'est pourquoi une attention (peut être plus grande que celle qui avait été prévue au départ) a été accordée en cours de travail à la

recherche de mils ayant des durées de cycle végétatif plus courtes que celles des mils actuellement cultivés sur l'ensemble du Sénégal.

Les lignées qui ont été sélectionnées au cours de ces quatre années de travail se classent sur le plan de la précocité en 3 catégories (voir vol.I - tab.15) :

1°/- Des mils dont la durée totale du cycle végétatif (intervalle semis-récolte) est comprise, dans les conditions de durée d'éclairement journalier du mil au Sénégal pendant la période dite d'hivernage (juillet à octobre), entre 55 et 65 jours.

2°/- Des mils dont la durée totale du cycle végétatif est comprise, pour ces mêmes durées d'éclairement journalier, entre 70 et 80 jours.

3°/- Des mils dont la durée totale du cycle végétatif est comprise, toujours pour ces mêmes durées d'éclairement journalier, entre 85 et 95 jours.

On dispose donc, à la fin de la quatrième année de travail, d'un matériel végétal qui devrait pouvoir permettre de satisfaire par là suite les objectifs fixés en ce qui concerne le degré d'ajustement des nouvelles variétés aux conditions pluviométriques de toute la zone de culture des mils précoces au Sénégal. Soit que l'on envisage de créer directement, à partir du matériel déjà disponible à l'intérieur de chaque groupe de précocité, par croisement de certaines lignées entre elles, des populations à haut rendement. Ce qui suppose qu'il existe, à l'intérieur de chaque groupe de précocité, une variabilité génétique suffisante pour que puissent s'exprimer des phénomènes d'hétérosis d'un certain niveau lorsque des lignées d'un même groupe sont croisées entre elles (voir vol. 1-tab.31-32-33 la liste des croisements déjà effectués à l'intérieur de chaque groupe de précocité dans ce but d'étude très précis). Soit que l'on prenne certaines de ces lignées comme parentes dans de nouveaux croisements avec des mils traditionnels dont on voudrait se contenter, de corriger uniquement la précocité. Ce qui pourrait être fait assez rapidement grâce à la technique des croisements de retour.

Il n'y a actuellement pas de doute que le travail de sélection en cours devrait déboucher sur des résultats fort importants dans le cadre de la lutte contre la sécheresse, s'il est poursuivi dans la voie tracée.

Il ressort en effet des mesures faites par le service de bioclimatologie du CNRA de Bambey que les nouvelles variétés en cours de création, dont la durée du cycle végétatif est comprise entre 70 et 80 jours, ont des besoins en eau très inférieurs à ceux des mils traditionnels de 90 jours actuellement cultivés : 320 mm seulement pour la population expérimentale Syn 1 GAM 73, créée en début de 3ème année, contre 416 mm pour les mils traditionnels. Aussi ne faut-il pas

s'étonner si les chercheurs du service de bioclimatologie du CNRA de Bambey (dont une grande partie de l'activité est dirigée vers la recherche des moyens propres à éviter que l'apparition d'une nouvelle sécheresse au Sahel conduise de nouveau au drame de la faim que cette région a connu ces dernières années) ont pu écrire dans leur dernier rapport de 1974, commentant les résultats obtenus avec la population Syn 1 GAM 73 : " on ne peut que souhaiter sa mise au point très rapide puis sa diffusion, dans le cadre de la lutte contre la sécheresse ".

2 - FAIRE DU MIL UNE PLANTÉ CAPABLE DE S'INTEGRER DANS UN SYSTEME DE CULTURE INTENSIVE

Tous ceux qui s'intéressent au développement de la production agricole de l'Afrique : agronomes, économistes, sociologues et politiques, semblent aujourd'hui d'accord pour considérer que le terme final de l'agriculture tropicale doit être la mise en place d'une agriculture intensive fixée. Ceci même dans cette zone de savane dont fait partie le Sénégal - caractérisée par une saison des pluies d'une durée inférieure à cinq mois - et pour laquelle les agronomes eux-mêmes ont longtemps admis, comme une double fatalité, la faible potentialité des cultures et la nécessité de couper les cycles de production par des périodes plus ou moins longues de repos du sol.

Le Sénégal a opté pour deux systèmes :

a/- Le système des cultures pures dans le cadre d'une agriculture pluviale, continue et fixée, excluant la jachère mais assurant le maintien, voire l'amélioration de la fertilité du sol et utilisant la traction animale lourde, la traction bovine qui autorise des travaux profonds du sol, en particulier le labour. C'est le système dont la mise en place a commencé dans le Sine Saloum.

b/- L'intensification par irrigation avec cultures multiples. C'est le système prévu pour la zone d'aménagement de la vallée du Fleuve Sénégal.

Faire du mil une plante capable de s'intégrer dans l'un ou l'autre de ces deux systèmes de culture intensive, cela suppose trois choses :

1°/- Un rendement en graine par hectare très supérieur à celui des mils cultivés actuellement; bien supérieur aussi à celui considéré comme suffisant pour pouvoir couvrir les besoins alimentaires de la population, du moins dans un 1er temps.

La rentabilité du système implique l'obtention dans les exploitations pratiquant ce mode d'agriculture, d'un rendement au moins égal à 4000 kg de grain par hectare; l'idéal selon les économistes étant de pouvoir parvenir dans ces exploitations à des rendements

de 5000 kg de grain/ha sur la base du prix actuel de commercialisation du mil au Sénégal.

2°/- Une structure morphologique des plantes qui permette
- d'une part la mécanisation d'un certain nombre d'opérations culturales, entre autres la récolte, ce qui implique d'avoir des plantes de taille basse, formées d'épis à maturité groupée et d'une taille qui en facilite le battage.

- d'autre part:

- Si les pailles doivent être enfouies dans le sol par le labour après la récolte, un enfouissement facile de celles-ci, et une décomposition rapide après leur enfouissement. Ce n'est pas le cas pour les mils actuellement cultivés, à tiges beaucoup trop grandes et beaucoup trop grosses, à masse végétative beaucoup trop abondante et dont l'enfouissement exige en outre de trop gros efforts de traction. Il faut substituer aux mils existants des mils à tiges beaucoup plus courtes, beaucoup plus minces, et de coupe plus facile.

- Si les pailles doivent être conservées après la récolte pour servir de nourriture au bétail, (ce qui sera sans doute indispensable dans beaucoup de cas afin de fournir au bétail un aliment de test), que les refus ne soient pas exagérés. Ce qui est très nettement le cas avec les mils actuels à tiges beaucoup trop grosses et trop dures, pour lesquelles on constate que 20 à 30% seulement de la masse distribuée au bétail est consommée.

Il faut là aussi, substituer aux mils existants des mils à tiges beaucoup plus fines, beaucoup moins dures.

3°/- Une durée de cycle végétatif qui soit telle

a/- En culture pluviale, que la récolte de ces mils puisse être faite au moins cinq jours avant ce que les bioclimatologistes appellent la dernière pluie utile, (c'est à dire qui permet que le sol puisse être travaillé dans de bonnes conditions pendant encore au moins dix jours avant que la saison sèche vienne enlever cette possibilité), de façon à faire suivre la récolte des mils d'un labour, dont les études agronomiques faites au CNRA de Bambey au cours des dernières années ont montré l'intérêt : à la fois sur le rendement de la plante industrielle qui doit succéder au mil dans la rotation, et sur la constitution d'un stock de réserve en eau dans le sol dont profitera la plante industrielle l'année suivante, au début de sa végétation, la garantissant ainsi contre certains accidents de sécheresse dus à une irrégularité des premières pluies.

b/- En culture irriguée, que cette culture de mil ne vienne pas retarder la mise en place de la culture suivante; le système adopté étant un système de plusieurs cultures au cours d'une même année.

Le programme de travail établi au départ du projet ne prévoyait pas l'éventualité de cette culture irriguée. C'est donc entièrement vers la satisfaction des objectifs en culture pluviale qu'ont été dirigés les travaux effectués au cours des quatre premières années de travail.

Il était apparu, en se reportant aux statistiques pluviométriques publiées par l'Aménagement du Territoire que, compte tenu des dates auxquelles survenaient les premières et dernières pluies dites utiles dans les régions où devaient pouvoir être développées en priorité un système de culture intensive du mil, deux sortes de mil, correspondant à deux durées différentes de cycle végétatif, devraient être créées : un mil dont la durée du cycle végétatif soit d'environ 70-75 jours, et un mil dont la durée du cycle végétatif soit d'environ 90-95 jours.

Reprenons rapidement chacun de ces 3 points pour voir ce qui a pu être fait concernant chacun au cours des quatre premières années de travail.

2.1. Rendement en graine par hectare

Les travaux qui ont été faits depuis 1970 permettent de dire qu'il n'est pas utopique d'espérer atteindre un rendement de 5000 kg graine par hectare, dans les conditions techniques particulières où devra se faire la culture des mils puisque :

- d'une part, des rendements de cet ordre ont déjà été obtenus sur le terrain à Bambey, en saison sèche et avec irrigation il est vrai, mais avec un matériel : Syn 1-2, GAM 73 qui n'avait pas été travaillé spécialement pour le rendement (voir vol. I- tab. 26).

- d'autre part, les calculs de densité critique faits par les physiologistes sur divers problèmes de plantes en cours de sélection ont révélé que plusieurs des lignées étudiées possédaient déjà par elles-mêmes, avant toute exploitation des phénomènes d'hétérosis, des potentialités de rendement, en saison des pluies cette fois, qui atteignent ou même dépassent ce rendement de 5000 kg/ha (voir vol. II- annexe II - lignées GAM Physio n°24, 26, 31, 32, 47, 48, 53, 58).

Nous avons déjà dit dans le chapitre précédent qu'il ne saurait être question, en aucune façon, de faire une exploitation directe de ce matériel, et pourquoi.

2.2. Structure morphologique des plantes

Les travaux faits depuis 1970 ont permis d'aboutir à des lignées d'architectures très diverses, chez lesquelles la longueur et la grosseur des tiges ont pu être modifiées plus ou moins profondément dans le sens désiré par les agronomes.

Les lignées actuellement disponibles, pour les tests d'aptitude à la combinaison pour le rendement en graine par hectare, ont des tiges dont la longueur varie entre 0,80 m et 1,25 m contre 2,27 m en moyenne chez les mils traditionnels de type souna III cultivés dans les mêmes conditions. La grosseur des tiges de ces mêmes lignées, exprimée par leur diamètre mesuré sous l'épi, varie de 0,48 cm à 0,91 cm contre 1,18 cm chez le type souna III. (vol.I- tab.22).

Dans un but d'étude pour les agronomes, on a été amené à créer, par simple mélange de plantes ayant toutes un même mode d'architecture et une même durée approximative de cycle végétatif, deux populations dénommées respectivement Syn 1 GAM 73 et Syn 5 GAM 75, différant l'une de l'autre par l'architecture générale des plantes.

Comme les études à entreprendre en premier lieu par les agronomes ne concernaient que des problèmes sans lien avec le rendement, et en relation uniquement avec l'architecture des plantes, il n'a été tenu aucun compte du degré, bon ou mauvais, d'aptitude à la combinaison pour le rendement en graine que pouvaient avoir les lignées auxquelles appartenaient les plantes choisies. Certaines personnes ont eu malheureusement trop tendance à l'oublier, et à vouloir exploiter en particulier la première nommée (Syn 1 GAM 73) dans un sens où elle ne devait pas l'être.

Cette population Syn 1 GAM 73 a été créée en début de 3ème année de contrat. Ses caractéristiques biométriques principales sont données vol.I- tab.28. Les plantes qui la composent ont une architecture correspondant au modèle A dont la définition a été donnée vol.I.

La seconde population Syn 5 GAM 75, formée de plantes correspondant au modèle C (voir également vol.I pour la définition de ce modèle) a été créée un peu plus tard au cours de la quatrième année de contrat.

Sa création répond au souhait des agronomes de pouvoir disposer d'une population formée de plantes ayant:

1°/- des tiges encore plus minces que celles des plantes qui constituent la population Syn 1 GAM 73, de façon à pouvoir diminuer encore les efforts de traction déployés au moment de la coupe des tiges et du labour de fin de cycle.

2°/- des chandelles beaucoup plus courtes que celles des plantes qui constituent la population Syn 1 GAM 73, pour des raisons de facilité de battage avec les machines actuellement sur le marché.

En ce qui concerne l'emploi des pailles pour l'alimentation du gros bétail, les essais faits à partir de la population Syn 1 GAM 73 ont montré que, même avec des plantes d'architecture A dont les tiges sont nettement moins fines que celles des plantes d'architecture C (cas de la population Syn 5 GAM 75), la consommation était de l'ordre de 80% contre 20% seulement dans le cas de la paille fournie par les mils traditionnels.

2.3. Durée du cycle végétatif

On a déjà eu l'occasion d'indiquer, dans le chapitre précédent qu'on dispose à la fin des quatre premières années de travail d'un nombre relativement important de lignées, dont la durée du cycle végétatif des plantes qui les constituent s'accorde avec les objectifs assignés. A savoir : d'une part, une durée de cycle végétatif d'environ 70 jours, d'autre part, une durée de cycle végétatif d'environ 90 jours (voir vol. I- tab. 15).

CHAPITRE II

LE PROGRAMME DE TRAVAIL ET SON ECHEANCIER

Point de la situation après quatre années de travail au regard de cet échéancier et des différentes parties du programme établi.

I - STRUCTURE DU PROGRAMME

Le programme de travail arrêté à la suite des discussions qui ont eu lieu au cours de la réunion du premier Comité de Gestion, organisée à Dakar en septembre 1970, prévoyait:

1°/- un inventaire de la variabilité naturelle qui existe pour les principaux caractères en relation avec la définition des objectifs retenus, à l'intérieur de l'espèce botanique Pennisetum typhoides (espèce à laquelle se rattache la totalité des mils penicillaires cultivés dans le monde).

Eventuellement, si la variabilité naturelle devait apparaître insuffisante, la mise en oeuvre de moyens expérimentaux appropriés (emploi des rayonnements ionisants ou d'agents mutagènes chimiques) pour tenter de créer la variabilité désirée.

2°/- la recherche au moyen d'études physiologiques, de la (ou des) structures morphologiques de mil qui devaient permettre aux plantes placées en communauté de maximiser la part de la matière sèche totale fabriquée par la plante convertie en grain, et d'utiliser au mieux pour la production de ce grain, les ressources du milieu (énergie solaire, eau, réserves naturelles du sol en éléments minéraux et organiques, engrais).

3°/- l'utilisation de la variabilité naturelle existant, ou de la variabilité créée expérimentalement, pour réaliser un mil qui se rapproche le plus du (ou des) modèles précédemment définis.

4°/- l'ajustement de ce (ou de ces) modèles aux conditions du milieu : durée du cycle végétatif en relation avec la pluviométrie et les contraintes culturales, résistance aux parasites, qualités nutritionnelles et organoleptiques du grain au moins égales à celles des mils traditionnels, et si possible supérieurs.

5°/- exploitation des phénomènes de vigueur hybride (hétérosis) pour l'amélioration du rendement en graine par hectare.

5.1. création de populations synthétiques par mélange de lignées choisies en fonction de leur degré d'aptitude à la combinaison.

5.2. création d'hybrides commerciaux permettant l'exploitation d'un hétérosis maximum, par emploi notamment de mâles stériles cytoplasmiques.

On notera que ce programme ne comportait aucune recherche de nature agronomique. Le délai de quatre ans ayant été jugé beaucoup trop court pour que le travail de sélection démarré en début de contrat ait eu le temps de déboucher sur la création de nouvelles variétés qui puissent justifier la mise en oeuvre, avant la fin de ce délai de quatre

ans, d'un programme particulier de recherche agronomique, plus spécialement d'un programme de recherche sur les conditions de culture et de fumure à appliquer aux nouvelles variétés, pour rentabiliser au mieux leur capacité de rendement en graine/ha en milieu paysan.

C'était cependant oublier que le travail de sélection entrepris avait été orienté vers la création de plantes d'une architecture nouvelle très différente de celle des mils cultivés jusqu'alors caractérisée en particulier, quels que soient les détails du modèle d'architecture retenu A ou C (voir vol. I pages 58 à 63.) par un encombrement spatial beaucoup moindre que celui des mils traditionnels. Donc des plantes dont le mode de culture devait obligatoirement différer sur un certain nombre de points de celui utilisé jusqu'alors. Ceci, précisons le, indépendamment de toute considération de rendement en graine/ha.

Dans quelle mesure l'orientation de travail prise par les sélectionneurs ne risquait-elle pas de déboucher sur des réalisations dont les conditions d'exploitation en milieu paysan (nature des techniques à utiliser et des moyens à mettre en oeuvre: temps de travaux nécessaires, place de ces travaux dans le calendrier cultural de l'exploitation ..) apparaîtraient telles que l'on doive remettre en cause l'orientation de travail prise au départ ?

C'était un point d'interrogation auquel il convenait d'apporter une réponse dans les plus courts délais, avant que le travail de sélection se soit engagé dans une recherche coûteuse et peut-être inutile, puisque sans avenir pratique.

C'est pourquoi, dès la fin de la première année de contrat, les membres du Comité de Gestion, réunis à Bambey en septembre 1971, ont émis le souhait que le technicien agricole dont l'engagement était prévu en fin de troisième année de contrat puisse développer une certaine recherche de caractère agronomique, avec l'aide des divers services spécialisés du Centre National des Recherches Agronomiques de Bambey. Et ceci parallèlement au programme qui lui avait été fixé initialement : contrôle des essais de comparaison d'aptitude à la combinaison pour le rendement en graine des premières lignées répondant aux caractéristiques de morphologie et de bonne adaptation au milieu (résistance au Sclerospora, durée du cycle végétatif), lignées auxquelles on espérait que le travail de sélection aurait déjà pu conduire à cette époque.

II - ÉCHÉANCIER

L'échéancier de travail mis au point à la suite de la réunion du 1er Comité de Gestion, organisée à Dakar en septembre 1970, avant le démarrage du contrat, avait prévu que la réalisation du programme proposé se ferait en 3 étapes.

1°/- une étape à court terme dont les résultats devaient être atteints dans un délai de 4 ans à partir du début du projet.

2°/- une étape à moyen terme dont les résultats doivent pouvoir être atteints dans un délai de 7 ans après le début du projet.

3°/- une étape à long terme dont les résultats ne devraient être fournis que dans un délai minimum de 10 ans.

2-1- Etape à court terme correspondant aux quatre premières années de travail

Le travail à faire durant ces quatre premières années comportait :

a) en physiologie :

1°/- L'étude des phénomènes qui se produisent à l'intérieur de la plante et peuvent expliquer que, dans le cas d'ombrage mutuel trop intense, on enregistre un effet dépressif sur la formation du grain.

2°/- Un essai de construction d'un modèle génétique de plantes qui, placées en communauté, soient susceptibles d'utiliser au mieux l'énergie lumineuse disponible pour la formation du grain.

b) en sélection

1°/- La recherche de géniteurs susceptibles d'apporter à la descendance la somme des caractères désirés : durée du cycle végétatif, résistance au Sclerospora, meilleur rapport grain/paille par diminution de la part de matière sèche convertie en paille, stérilité mâle cytoplasmique...

2°/- La création de lignées améliorées pour le rapport grain/paille, par la voie indiquée précédemment (voir chap. I), ajustées aux conditions du milieu (durée de cycle végétatif conforme aux désirs des agronomes, bonne résistance au Sclerospora), d'architectures très variées, et d'origine génétique la plus diversifiée possible, en vue d'une utilisation ultérieure, dans la deuxième période de travail, pour des tests d'aptitude à la combinaison pour le rendement en graine/ha.

3°/- La création de quelques populations formées de plantes ayant toutes, à l'intérieur de la même population, une même durée de cycle végétatif et une même structure morphologique, mais qui seraient par contre différentes d'une population à l'autre, pour permettre

- d'une part : aux physiologistes de vérifier le bien fondé de leurs théories

- d'autre part : aux agronomes, de déterminer dans les plus brefs délais si certaines des architectures de plantes pouvant être créées ne risqueraient pas de conduire en milieu paysan, du fait même de leur architecture (donc indépendamment de tout problème de rendement en graine / ha), à des difficultés d'exploitation telles qu'il vaille mieux renoncer à poursuivre un effort de sélection pour le rendement en graine par hectare dans le cadre de ces architectures.

On notera que le travail de sélection à entreprendre au cours de ces quatre années ne prévoyait en aucun cas de déboucher sur des populations dont le rendement soit déjà amélioré par rapport à celui des mils traditionnels.

c) en agronomie

1°/- L'étude des techniques de culture à utiliser pour l'exploitation des nouvelles architectures de plantes susceptibles d'être vulgarisées par la suite. Etude à faire tant sur le plan des dispositifs ou des moyens techniques à mettre en oeuvre que sur le plan du temps nécessaire pour effectuer chacune des opérations culturales, donc de leur prix de revient, et aussi de leur possibilité de s'insérer dans un calendrier cultural normal au niveau de l'exploitation.

2°/- La mesure du degré auquel les paysans sont disposés à accepter de substituer aux mils qu'ils ont eu l'habitude de cultiver jusqu'à présent, des mils qui en diffèrent considérablement, non seulement par leur aspect général, mais aussi par certains côtés de leur culture.

2-2- Etape à moyen terme dont les résultats doivent pouvoir être atteints dans un délai de 7 ans après le début du projet.

Objet du travail à faire pendant les années 5 à 7 :

a) En physiologie

Après avoir utilisé dans la première étape le facteur " énergie lumineuse " pour la définition de modèles de plantes à haute potentialité de rendement en graine/ha, rechercher dans la deuxième étape, l'influence du facteur " eau disponible pour la plante " dans cette définition.

b) En sélection

Exploitation des phénomènes d'hétérosis susceptibles de s'exprimer entre certaines des lignées sélectionnées durant la phase précédente.

- Mesure des degrés d'aptitude générale et d'aptitude spécifique à la combinaison pour le rendement en graine/ha.

- Création de populations synthétiques ou d'hybrides à partir des meilleures lignées.

c) En agronomie

- Recherche des conditions de culture (dates de semis, écartements, mode d'alimentation minérale) les plus appropriées pour permettre aux variétés créées d'exprimer à leur plus haut degré leurs potentialités génétiques pour le rendement en graine/ha.

2-3- Etape à long terme dont les résultats ne devraient être fournis que dans un délai minimum de 10 ans après le début du projet :

- création de populations synthétiques ou d'hybrides exigeant pour leur création le recours à la stérilité mâle cytoplasmique.

III - STRUCTURE DU GROUPE DE RECHERCHE

La réalisation de la première phase du programme a été confiée par le Gouvernement du Sénégal à un groupement de recherche ORSTOM - IRAT * (contrat d'étude n° 693) qui a créé dans ce but un groupe de recherches.

La composition de ce groupe a été la suivante :

1°/- Personnel rattaché administrativement à l'ORSTOM

I.1. Sélectionneurs

- Mr. A. BILQUEZ, faisant en outre fonction de Directeur de Projet, solde prise en charge par l'ORSTOM pendant les 4 années du contrat.
- Mr. J. SEQUIER, rétribué 12 mois sur 12 pendant 4 ans par le FED

ORSTOM * Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer,
24, rue Bayard - Paris 8°

I.R.A.T.: Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures
Vivrières - 110 rue de l'Université Paris - Cedex 97

Mr. L. MARCHAIS, retribué 12 mois sur 12 pendant 3 ans par le FED (engagement en 2ème année de contrat).

1.2. Techniciens supérieurs en sélection

- Mme J. LECOMTE, retribué 6 mois sur 12 pendant 4 ans par le FED (affectée le reste du temps aux Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM à Bondy où son salaire a été assuré par l'ORSTOM).
- Mr. B. DELISE, retribué par le FED pendant 12 mois en première année de contrat et 6 mois en seconde année.
- Mr. J. CLEMENT retribué 3 mois par année par le FED en 2ème année, 3ème et 4ème année de contrat (affecté le reste du temps aux Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM à Bondy où son salaire a été assuré par l'ORSTOM).

- Mr. G. BILLARD

- Mme S. COLLIN

Tous deux en poste permanent aux Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM à Bondy; salaire assuré par l'ORSTOM.

2°/- Personnel rattaché administrativement à l'IRAT

Physiologistes

- Mr. L. JACQUINOT, retribué pendant 7 mois par le FED en première année de contrat.
- Mr. D. POUZET, retribué 5 mois par le FED en première année de contrat, puis 12 mois sur 12 en 2ème, 3ème et 4ème année de contrat.

Technicien supérieur en physiologie

- Mr. M. PUARD, retribué 12 mois sur 12 pendant 4 ans par le FED.

Technicien supérieur en agronomie

- Mr. CHOPART, retribué 12 mois sur 12 en 4ème année de contrat.

Le programme a été exécuté pour une part (la plus grande) au Centre National de la Recherche Agronomique de Bambey (Sénégal), pour une autre part au service de Biologie et Amélioration des Plantes Utiles des Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM à Bondy (France)

IV - POINT DE LA SITUATION APRES QUATRE ANNEES DE TRAVAIL AU REGARD DE L'ECHEANCIER ET DES DIFFERENTES PARTIES DU PROGRAMME

4.1. L'échéancier

Celui-ci a pu être respecté, en dépit d'un certain nombre d'avatars dont les plus importants furent :

- le retard subi en début de contrat dans la livraison de certains appareils nécessaires à l'activité du groupe de physiologie.

- la nécessité de faire une mise au point avant usage de plusieurs de ces appareils qui n'avaient pas été conçus pour une utilisation en milieu tropical.

- l'absence de services de maintenance à Dakar pour beaucoup de ces appareils, obligeant à des délais de réparation d'une très longue durée, lorsque la nécessité s'en est fait sentir.

- la destruction presque complète par le *Sclerospora* des premières populations hybrides créées, étudiées en première année de contrat.

- la pollution accidentelle en troisième année d'un des champs semenciers, insuffisamment éloigné des champs de mil traditionnel, dont la graine était destinée à certains travaux d'agronomie et de physiologie, dont la réalisation en quatrième année a été de ce fait fort perturbée.

On a pu :

1°/- fournir aux physiologistes un certain nombre de descendances correspondant à divers modèles d'architectures de plantes (voir vol. II annexe II), suffisamment fixés les uns et les autres pour que ces physiologistes aient pu à leur tour développer leurs études sur la nutrition carbonée de la plante (vol. II- chap. 1 et 2) et la définition de modèles de plantes à haute productivité (vol. II - annexe 1).

2°/- à partir de croisements mettant en jeu une gamme de géniteurs africains déjà fort divers (tant par leur origine géographique que par leurs caractéristiques morphologiques, physiologiques et culturelles (voir vol. I - tab. 6), isoler tout un ensemble de lignées d'architectures diverses, améliorées pour le rapport grain/paille. Elles étaient aussi suffisamment fixées chacune pour les caractères dont l'acquisition apparaît prioritaire par rapport au rendement (la durée du cycle végétatif, la résistance au *Sclerospora*) pour que, en fin de contrat, on ait pu entreprendre les premiers croisements destinés à mesurer leur degré d'aptitude à la combinaison pour le rendement grain par hectare. Prélude à l'opération de maximisation du rendement (point 5 du programme), pour laquelle l'échéancier prévoit que les premiers résultats

ne pourront être donnés qu'à la 7ème année de contrat (voir vol.I - tab.7, la liste des lignées actuellement disponibles et vol.I- tab.30, 31, 32 la liste des croisements déjà réalisés entre ces lignées).

3°/- créer à l'intention des agronomes deux populations, la première en début de 3ème année de contrat : Syn 1 GAM 73, la seconde en fin de 4ème année : Syn 5 GAM 75, formées de plantes correspondant à deux types différents d'architecture, de façon à leur permettre :

a)- d'étudier les moyens et temps de travaux nécessaires pour le semis, le démariage, la récolte de ces nouveaux types de mil.

b)- apprécier leur degré d'acceptabilité en milieu paysan.

Ce travail n'a pu être réalisé en fait qu'à l'aide de la population Syn 1 GAM 73, la seconde n'ayant été créée qu'en quatrième année de contrat, pour répondre précisément à certains reproches mineurs faits à la première.

4.2. Analyse sectorielle du programme

4.2.1. Inventaire de la variabilité naturelle existant à l'intérieur de l'espèce botanique Pennisetum typhoides

C'est un travail de longue haleine qui avait été commencé dans le cadre d'études antérieures, faites au CNRA de Bambey, sur la structure de l'espèce. On possédait déjà au moment du démarrage du projet, une bonne connaissance de certains des caractères agronomiques principaux des variétés de mil les plus cultivées en Afrique de l'Ouest : longueur et grosseur des chandelles, longueur et grosseur des tiges, couleur et grosseur du grain, réaction à la durée journalière d'éclairement et durée de cycle végétatif, aspect du feuillage.

Cette connaissance a été complétée par un inventaire:

a) des gènes de résistance (ou de tolérance) au Sclerospora susceptibles d'être trouvés dans ce matériel (voir vol.I-tab.9).

b) des gènes de maintien de la stérilité et de restauration de la fertilité vis-à-vis des deux cytoplasmes mâles-stériles A1 et A2, caractéristiques le premier de Tif 23 D2A, le second de Tif 239 D2A (voir rapports de 2ème année et 3ème année de contrat), pouvant exister également dans ce matériel.

c) du degré de la richesse du grain en protéines totales (voir vol.I- tab 33 et 34).

La variabilité naturelle existant à l'intérieur du matériel inventorié s'est révélée suffisante jusqu'à présent, compte tenu de la

nature du travail à faire, pour que l'on n'ait pas eu à recourir à des techniques de production expérimentale de mutations (rayonnements ionisants ou agents chimiques mutagènes).

Ceci ne signifie pas que de telles techniques n'aurent pas à être mises en oeuvre par la suite pour améliorer certaines des caractéristiques des nouvelles populations créées.

4.2.2. Nutrition carbonée et définition de plante (s) type (s) dont l'économie photosynthétique soit optimum

4.2.2.1. Etudes de photosynthèse, respiration et migration des assimilats

Les travaux qui ont été faits au cours des quatre premières années ont été limités à l'étude des phénomènes de photosynthèse, de respiration et de migration des assimilats qui se produisent chez la plante à partir du moment de l'épiaison, durant la période de développement de la graine.

Des travaux antérieurs, effectués au laboratoire de physiologie du CNRA de Bambey à l'aide de gaz carbonique radio-actif, avaient en effet montré que, chez les mils traditionnels, la matière sèche constituée par la graine est fabriquée dans sa presque totalité par l'activité photosynthétique de la plante après la floraison. Autrement dit, il n'y a pas utilisation de matières de réserve qui auraient pu être stockées à cette fin par la plante durant les phases de développement précédentes. Ces travaux avaient montré en outre que seules les 3 à 4 feuilles les plus proches de l'épi participent de façon intense à la formation du grain, et que, chez les plantes normalement développées, chaque talle adulte est autonome par rapport aux autres talles de la plante pendant la formation du grain.

Les études faites au cours des quatre premières années de travail ont permis de vérifier qu'il en était également de même chez les mils d'architectures nouvelles vers lesquels avait été orientée la sélection (volII - chap. 1). Il convient toutefois, concernant le phénomène d'autonomie des talles, de bien préciser que celle-ci n'est réalisée qu'à la condition que cette talle soit effectivement placée dans des conditions normales de croissance et de développement, en particulier dans des conditions d'éclairage normal: une talle défoliée après la formation de l'épi, mais avant la floraison, peut arriver à former plus ou moins de graine, ce qui met nécessairement en jeu une migration d'assimilats à partir de talles dont la production d'assimilats est excédentaire.

On peut se demander, en conséquence, dans quelle mesure le fait d'avoir considéré la talle productive plutôt que la plante, comme unité de production de grain à l'intérieur d'un couvert végétal, n'a pas faussé les bilans (photosynthèse)- (respiration) que les physiologistes

ont été conduits à faire dans la suite de leurs travaux.

Les études faites sur la photosynthèse, la respiration et la migration des assimilats ont permis de préciser un certain nombre de points mieux que cela n'avait été déjà fait, et aussi d'apporter un certain nombre de nouveaux éléments. Il a été montré en particulier:

a) que le mil est une plante chez laquelle il n'y a pas de photorespiration (voir rapports de 1ère et 2ème année de contrat); Il est donc à ranger dans le groupe des plantes dont l'activité photosynthétique est dite en C4.

b) que, pendant la formation du grain, les besoins d'entretien du système racinaire peuvent être considérés comme négligeables (vol. II - chap. 1)

Il résulte des deux observations précédentes que le calcul de l'énergie critique E_c (définie comme étant l'énergie lumineuse journalière permettant à une talle uniformément éclairée, parvenue au stade de la formation du grain, d'avoir une assimilation photosynthétique brute égale à sa composition respiratoire sur une période de 24 heures) peut être considérablement simplifié .

Puisqu'il n'y a ni respiration racinaire au stade considéré, ni photorespiration, l'énergie critique devient égale à l'énergie lumineuse qui permet à une feuille adulte une assimilation photosynthétique diurne égale à son rejet respiratoire nocturne.

Les mesures faites ont montré que, dans les conditions climatiques de la culture du mil au Sénégal (élévation du soleil proche de 90° , durée équivalente du jour et de la nuit), cette énergie critique pouvait être estimée égale à 140 w/m^2 (vol II- chap. 2)

Les travaux effectués ont montré aussi :

c) qu'une feuille convenablement éclairée assure de manière autonome son entretien, quelle que soit sa position sur la tige, et que l'excédent de son assimilation brute sur ces besoins d'entretien, s'il y en a (ce qui constitue alors l'assimilation nette), est rendu disponible par les phénomènes de migration pour toute zone de consommation qui peut se créer sur la talle. Il faut bien noter que la feuille cherche d'abord à assurer au maximum ses besoins d'entretien -(Vol I - chap. 1).

d) que dans le cas d'un déficit lumineux journalier, la feuille continue son entretien, grâce à la migration d'assimilats à partir des feuilles soumises à un régime lumineux journalier excédentaire.

Cette migration semble se faire en premier lieu à partir des zones productrices (feuilles normalement éclairées) les plus proches.

e) que l'intensité des migrations est d'autant plus élevée que le chemin séparant les zones de production et de consommation est plus court, et que les besoins de la zone de consommation sont plus grands. C'est ce qui explique que la matière sèche du grain soit constituée, dans sa presque totalité, par l'activité photosynthétique des 3 à 4 feuilles qui sont les plus proches de l'épi (vol II - chap.1).

4.2.2.2. Densité critique

Il a été établi:

- d'une part, que la matière sèche du grain provient des excédents qui peuvent apparaître durant la période même de la formation de ce grain (approximativement les 18 jours qui suivent la floraison) entre l'assimilation brute et les besoins d'entretien d'un certain nombre des feuilles les plus proches de l'épi.

- d'autre part, que lorsque des feuilles de la plante se trouvent placées dans des conditions d'éclairement journalier qui ne leur permettent plus d'assurer la totalité de leurs besoins d'entretien, ceux-ci sont assurés alors, pour leur partie manquante grâce à la migration d'assimilats à partir des feuilles soumises à un régime lumineux excédentaire.

On peut parfaitement concevoir qu'à partir d'une certaine limite de besoins à satisfaire, chez des feuilles insuffisamment éclairées, la quantité d'assimilats disponibles à partir des feuilles soumises à un régime lumineux excédentaire ne soit plus suffisante pour permettre à la fois de satisfaire ces besoins totaux d'entretien et former la matière sèche des graines.

C'est cette idée qui est à la base de ce que les physiologistes appellent la densité critique " dc ", qui est le nombre de tiges par hectare (la talle ayant été prise comme unité de production) à partir duquel les conditions de production en graine de ce couvert cessent d'être maximum. C'est la densité de tiges pour laquelle on obtient une valeur nulle du bilan (photosynthèse)- (respiration) de la dernière strate foliaire la plus proche du sol, durant 24 heures.

Elle peut être exprimée mathématiquement à l'aide de la formule suivante :

$$dc = \frac{10^8 \log e}{S'} \quad \left(\pi \frac{E_0}{E_c} \right)$$

dans laquelle :

- S' correspond à la surface foliaire moyenne d'une talle projetée orthogonalement au sol, exprimée en cm²

- E₀ correspond à l'énergie lumineuse disponible au dessus du couvert végétal. Cette valeur a été trouvée égale à 350 W/m² pour

la période de l'année considérée (15 août - 15 septembre) au Sénégal.

- E_c correspond à l'énergie lumineuse critique, c'est-à-dire la valeur de l'énergie lumineuse pour laquelle une surface unitaire de feuille fixe durant la journée une quantité de gaz carbonique égale à la quantité rejetée la nuit. On a trouvé que pour le mil E_c était égal à 14° W/m^2 (vol. II chap. 2)

- 10^8 est un facteur de conversion permettant d'exprimer dc en nombre de tiges par hectare.

La façon dont cette formule a été établie est analysée en détail vol. II - annexe 1.

La formule à laquelle sont parvenus les physiologistes ne saurait être considérée pour l'instant autrement que comme une première approche de la vérité.

D'une part, il a été admis implicitement pour le calcul de " dc " que le couvert végétatif auquel on avait affaire était un couvert homogène, c'est-à-dire formé de tiges dont la répartition était homogène et les feuilles orientées dans toutes les directions.

D'autre part, il a été admis que le calcul s'appliquait à un matériel pour lequel ni l'alimentation minérale ni l'alimentation hydrique ne constituaient des facteurs limitants.

En ce qui concerne le premier point: couvert homogène, les physiologistes sont bien d'accord que cela n'est plus exact dès que l'interligne a une valeur qui dépasse nettement celle à laquelle les plantes sont réparties sur la ligne. La hauteur des plantes par rapport à l'écartement des lignes est aussi un facteur de pénétration de la lumière dans le couvert. L'étude de l'effet d'espacement des lignes de semis montre que les feuilles prennent des directions préférentielles, et que la répartition de l'énergie lumineuse dans le couvert suit alors une loi complexe. Dans le cas de lignes assez écartées, la pénétration plus importante du rayonnement infra-rouge lointain dans le couvert peut entraîner, d'autre part, une transpiration plus abondante en raison de l'élévation de la température des feuilles (vol II- annexe 1- page 20).

Compte tenu des impératifs agronomiques auxquels devra se plier la culture des nouveaux mils, si on veut que leur exploitation soit compatible avec les possibilités de travail en milieu paysan, il n'est pas exclu que leur culture doive se faire à des écartements entre lignes imposés .

Il apparaît en conséquence du plus haut intérêt que puisse être inscrit au programme de travail des prochaines années l'étude des relations entre " la densité critique " et le mode de distribution géométrique des plantes sur le terrain.

Des études en cours, au moment de la rédaction de ce rapport, donc réalisées durant la 5ème année de travail, prouvent l'urgence de telles études. On constate en effet, dans le cas du Syn 5 GAM 75 (nouvelle population expérimentale d'architecture C créée à la demande des agronomes) que lorsque celui-ci est cultivé sans démaillage, à un écartement entre lignes de 6) cm, semis continu sur la ligne, il est possible d'obtenir un nombre de chandelles productives très supérieur à celui auquel conduit le calcul de densité critique fait sur cette variété, sans que les dimensions (longueur et grosseur) de la chandelle en soient pour autant affectées.

En ce qui concerne le second point : l'alimentation minérale et hydrique, il ne fait pas de doute que, si ces deux facteurs deviennent limitants au moment de la formation du grain, la densité critique calculée se révélera trop élevée. Si ces facteurs limitants se manifestent avant la floraison, et suivant le stade de végétation durant lequel ils interviendront, il est possible que la plante ait sa croissance ralentie, ce qui aurait pour effet une modification du couvert végétal. Ces phénomènes méritent à eux seuls des études particulières qui ne devront cependant être réalisées que dans le cas où la lumière n'est pas limitante, c'est-à-dire en dessous, ou au plus à des densités égales à la densité critique. Il a été prévu que ces études devraient se faire dans les années 5 à 7. (vol II- annexe 1- page 23).

4.2.2.3. Création de modèles de plantes à haute capacité de production de graine par hectare

La notion de densité critique devrait permettre aux sélectionneurs qui sauront l'utiliser correctement de travailler avec une sécurité beaucoup plus grande. C'est au stade de la culture des hybrides F1, correspondant aux différents croisements faits entre lignées pour mesurer l'aptitude qu'elles ont à se combiner entre elles pour le rendement en grain/hectare, que l'application de la formule de la densité critique peut, à notre avis, rendre les plus grands services.

L'ambition initiale était en réalité que les études de physiologie entreprises pourraient permettre de dessiner un certain nombre de modèles de plantes qui puissent servir de guides aux sélectionneurs, dans leurs travaux sur l'amélioration du rendement en graine/ha.

La formule mathématique qui sert à exprimer la densité critique, à laquelle sont parvenus actuellement les physiologistes, ne fait référence qu'à un seul paramètre morphologique : la projection orthogonale au sol de la surface foliaire totale de la talle - laquelle dépend à la fois :

- du nombre des étages foliaires portés par cette talle.
- de la longueur et de la largeur des feuilles de chaque étage.

- de l'angle d'insertion de la feuille avec la tige et aussi de tous les angles qui peuvent se créer le long de la feuille.

C'est à la fois peu et beaucoup :

- peu, parce que en fait cela ne tient compte que de la masse végétative totale et de son encombrement spatial.

- beaucoup, parce que les quatre facteurs : nombre de feuilles, longueur de feuille, largeur de feuille, angle de la feuille avec la tige, permettent de nombreuses combinaisons en vue d'un même résultat.

C'est bien la conclusion à laquelle parviennent les physiologistes qui écrivent : " En fait il n'existe pas un modèle idéal d'architecture, mais de nombreuses possibilités théoriques. Leur nombre est tempéré par la variabilité réelle de l'espèce, les possibilités de combinaisons géniques gouvernant ces facteurs, les restrictions que peuvent apporter l'alimentation hydrique et minérale et les réalités agronomiques " (vol. II- annexe 1 page 19)

4.2.2.4. Autres travaux

Le rapport général d'activité du groupe de physiologie fait état également d'un certain nombre d'autres études :

- influence de la densité sur la formation du grain et celle de l'épi (vol. II- chap. 3)

- relations entre la densité optimum de culture d'une population de mil amélioré et la densité critique (vol. II- chap. 4)

- capacité photosynthétique et potentiel de production en grain (vol. II- chap. 5)

- quelques caractéristiques de production d'un mil traditionnel amélioré; comparaison des densités critique et agronomique, comparaison des nouvelles structures.

On comprend mal, à partir du moment où le facteur rendement en graine/ha devait être pris en considération, que les physiologistes aient pu monter de telles expériences, dont l'intérêt n'est pas discutable, en prenant comme matériel expérimental une population qui avait été créée dans un but d'expérimentation agronomique, en dehors de toute considération de rendement, et dont on savait en outre qu'elle avait un très mauvais coefficient de remplissage en graine des chandelles (voir vol. I- tab. 2).

Cu bien ces expériences étaient prématurées, si on voulait absolument les faire avec un mil d'architecture nouvelle.

- ou bien il fallait réaliser ces expériences avec un mil traditionnel, de type souma III par exemple, pour lequel on sait qu'il ne se pose pas de problème de remplissage en graine des chandelles.

Les résultats obtenus à l'issue de ces études ne peuvent donc être considérés que comme des tendances. Les expériences devront être reprises avec un matériel plus adéquat. C'est à ce moment seulement que les résultats mériteront d'être discutés.

4.2.3. Création de nouveaux modèles architecturaux de plantes par rapport aux mils traditionnels

Nous nous sommes déjà longuement étendus dans le premier chapitre sur les nouveaux modèles architecturaux de plantes vers lesquels s'est orienté le travail de sélection.

Modèles qui devaient pouvoir répondre à deux impératifs:

a) conduire à une alimentation du rapport grain/paille par rapport à ce qu'il est chez les mils traditionnels.

b) maximiser le produit : poids de graine par épi x nombre d'épis par hectare.

Les lignées retenues dans la descendance des divers croisements qui ont été effectués et pour la réalisation desquels il a été fait appel à 29 variétés différentes de mils traditionnels africains, cultivés dans l'ensemble de la zone sahélienne : Haute-Volta, Mali, Niger, Sénégal et Tchad (vol I. -tab. 6) ont été classées du point de vue de l'architecture de la plante en 3 catégories principales : A, B, C dont la définition a été donnée vol. I pages 60 à 61 .

Etant donné la nature des termes dont est composée la formule de la densité critique à laquelle sont parvenus actuellement les physiologistes, il n'a été tenu aucun compte, pour les choix faits jusqu'à présent, des variations de structure morphologique végétative qui pouvaient apparaître à l'intérieur de ces catégories principales d'architecture: longueur et largeur des feuilles, angle foliaire fait avec la tige, capacité de tallage...

C'est dire que le matériel actuellement disponible à la fin des quatre premières années de travail se répartit entre un très grand nombre de types morphologiques différents, susceptibles par conséquent de conduire par la suite à de très nombreuses combinaisons différentes de poids de graine par chandelle et de densité de culture. Les tests d'aptitude au croisement pour le rendement en graine par hectare réalisés entre ces lignées diront quelle est la plus apte à concilier l'obtention d'un haut rendement en graine par hectare et les divers impératifs techniques de la culture.

Ce n'est qu'après la réalisation des tests d'aptitude à la combinaison pour le rendement en graine /ha, et l'application du critère de densité critique à chacun des hybrides F1 étudiés, que pourra être tracé avec exactitude le portrait des nouveaux mils.

4.2.4. Ajustement des différents modèles d'architecture de plantes aux conditions du milieu

Nous avons eu surtout à nous préoccuper au cours des quatre premières années de travail, de deux facteurs :

4.2.4.1. la durée du cycle végétatif des plantes, en fonction des normes imposées par les agronomes. Nous avons déjà exposé avec suffisamment de détails, dans le chapitre n°1 de ce rapport, les résultats auxquels on est parvenu sur ce plan pour ne pas avoir à y revenir. (voir pages 8 à 11).

4.2.4.2. la résistance des mils au mildiou, maladie provoquée par un champignon parasite très fréquent dans les sols africains: Sclerospora graminicola.

Le mildiou est certainement la maladie du mil la plus grave de toutes celles qu'on peut trouver dans les cultures de mils traditionnels de l'Afrique de l'Ouest. Il est extrêmement rare, sinon impossible, de trouver des cultures indemnes.

Ce seul fait aurait pu suffire pour justifier le désir, exprimé dès le départ du travail, de développer un programme particulier de recherche sur la résistance au Sclerospora, afin de doter de cette qualité les nouvelles variétés à créer.

Ceci bien que les agronomes aient eu jusqu'à présent tendance à considérer que les conséquences économiques de ce parasite sur la production des mils au Sénégal étaient négligeables, même dans les champs fortement attaqués. (En réalité, il n'existe encore aucune étude précise sur ce sujet.)

Dès la mise à l'étude sur le terrain des premières populations hybrides créées, le problème de la résistance au Sclerospora est apparu en réalité comme une exigence tout à fait prioritaire par rapport aux autres objectifs de travail, qu'il s'agisse de la création des nouvelles architectures de plantes, de leur ajustement à une durée donnée de cycle végétatif, et de la mesure du degré d'aptitude à la combinaison qui pouvait exister entre les différentes descendance obtenues.

Ceci à cause du très grand degré de sensibilité manifesté vis-à-vis du Sclerospora dans toute la zone du Sahel, dont le Sénégal, par les géniteurs nains américains Tif 23 D₂B et Tif 239 D₂B, que l'on avait été conduit à choisir comme second partenaire dans les croisements

faits avec les mils traditionnels africains, à cause du mécanisme génétique simple par lequel leur nanisme est contrôlé, et aussi de la possibilité qu'ils offraient de pouvoir introduire des facteurs héréditaires de stérilité mâle cytoplasmique dans la descendance des hybrides.

On ne connaissait malheureusement que fort peu de choses encore sur la biologie du Sclerospora, et sur ses relations avec la plante hôte, au moment où durent commencer nos travaux de sélection. Si de grands progrès ont été faits depuis en ce domaine au Sénégal, c'est en grande partie au développement de ce programme qu'on le doit. Le hasard a voulu que, dans le même temps, le même problème de lutte contre le Sclerospora se soit imposé également en Inde et pour les mêmes raisons : l'emploi dans les programmes indiens des mêmes géniteurs américains. Ceci fait que, là aussi, d'importants progrès dans la connaissance du parasite et ses relations avec le mil ont pu être réalisés au cours des dernières années -(voir vol. I page 34)

La somme de toutes les connaissances acquises en Inde, au Sénégal et aussi au Nigeria, où des travaux importants sur la sélection pour la résistance au Sclerospora parmi les variétés traditionnelles ont été réalisés également au cours de ces dernières années, devrait permettre d'appréhender dans le futur le problème de la création de variétés de mil résistantes au Sclerospora, dans de bien meilleures conditions de travail que celles que nous avons connues au cours des quatre années écoulées.

Le travail de sélection pour la résistance au Sclerospora, qui a été fait au Sénégal au cours de ces quatre premières années de travail, a été réalisé entièrement au champ, sur un terrain fortement ensemencé de Sclerospora par incorporation au sol de débris de feuilles et de tiges provenant de plantes malades récoltées dans les champs de la région de Bambey. Il n'y a donc eu aucun apport d'inoculum extérieur à cette région. Autrement dit, la pression de sélection ne s'est exercée que contre un parasite, dont nous devons avouer que nous ignorions, au moment où le travail a été entrepris, s'il avait des qualités d'agressivité et de virulence identiques à ceux qu'on trouve dans les sols d'autres régions. On pouvait donc craindre que le travail de sélection effectué à Bambey n'ait qu'une portée très limitée.

Les essais de comportement faits en différents points du Sénégal avec la population Syn 1 GAM 73 ont montré que ces craintes ne devaient pas être exagérées. On note certes des variations du % des plantes malades dans les champs, d'un endroit à l'autre du Sénégal, mais ce % reste, dans la presque totalité des cas, inférieur à celui observé sur la variété traditionnelle cultivée localement, le plus souvent la variété souna III (voir vol. I- tab. 11).

On peut donc penser que le travail de sélection sur le terrain qui a été fait à Bambey durant les quatre années écoulées est susceptible de fournir d'heureux résultats, si on compare la sensibilité de ce matériel sélectionné à celui des variétés traditionnelles, sur au moins une grande partie de la zone de culture des mils précoces au Sénégal.

Il n'en est plus de même si on se transporte dans d'autres zones du Sahel : au Nigeria par exemple où la proportion de plantes porteuses de symptômes de mildiou s'élève, pour la population Syn 1 GAM 73, à plus de 70%, ce qui a conduit les Nigériens, séduits par l'architecture de ce matériel, à refaire chez eux à partir de cette population un nouveau travail de sélection pour la résistance au Sclerospora existant dans leurs sols; Il semble par contre qu'en Inde ce matériel ait montré des qualités de résistance au Sclerospora suffisantes pour qu'on ait pu le choisir comme source de résistance dans plusieurs programmes de création de nouveaux mils nains.

Il n'en reste pas moins vrai qu'il y aura intérêt dans le futur à substituer une technique par infection artificielle à celle de sélection par infection naturelle au champ que nous avons dû utiliser durant les quatre années écoulées, faute de pouvoir disposer de la technique d'infection artificielle qui n'existait pas encore quand le travail a été commencé. Ceci suppose la mise en place de toute une infrastructure de serre, absolument indispensable. Cela suppose l'élargissement de nos connaissances sur la variabilité génétique qui peut exister au sein de l'espèce parasite, en fonction des différentes zones de culture du mil, au Sénégal d'abord, sur l'ensemble du Sahel ensuite, si on veut que le travail de sélection réalisé au Sénégal puisse par la suite déborder ses frontières.

On dispose, au terme des quatre premières années de travail, d'un nombre déjà relativement important de lignées, en provenance de combinaisons hybrides très diverses, puisque mettant en jeu 14 variétés différentes de mils traditionnels africains. Lignées pour lesquelles on peut estimer que le degré de résistance ou de tolérance au Sclerospora est suffisamment fort (au moins égal à celui des mils traditionnels cultivés actuellement), pour qu'on puisse envisager de les introduire dans un programme de tests d'aptitude à la combinaison pour le rendement en graine/ha. Ceci sans courir trop de risques de devoir renoncer, par la suite, à certaines combinaisons intéressantes, à cause de la résurgence d'une trop forte sensibilité au Sclerospora quand on voudra passer au stade de la vulgarisation de ces combinaisons.

La liste des lignées conservées pour la résistance au Sclerospora se confond par conséquent avec celles des lignées retenues pour les tests d'aptitude à la combinaison pour le rendement en graine/ha (voir vol .I, tab. 30, 31 et 32).

4.2.5. Exploitation des phénomènes de vigueur hybride (hétérosis) pour l'amélioration du rendement en graine/ha .

D'après l'échéancier établi au départ du projet, cette partie du programme n'aurait dû être développée qu'au cours de la seconde étape de travail (années 5 à 7), après que l'on se soit assuré:

1°/- que la voie de recherche dans laquelle a été engagé le travail, à savoir la transformation de l'architecture des plantes des mils traditionnels dans le sens défini précédemment (voir chap.I) était une voie constructive.

2°/- que les nouvelles architectures créées ne conduiraient pas, au niveau de la culture en milieu paysan, à des difficultés d'exploitation telles que l'on doive renoncer à les vulgariser.

Mais afin de ne pas être pris de court au moment de la mise en place de cette partie de programme, si elle devait être réalisée, il avait été décidé d'effectuer néanmoins un certain nombre de travaux préliminaires touchant :

- les uns aux différentes méthodes d'analyse du rendement et des phénomènes d'hétérosis,

- les autres à la stérilité mâle cytoplasmique, dont l'emploi bien conduit peut permettre une exploitation maximum du phénomène d'hétérosis.

4.2.5.1. Travaux de nature méthodologique-

Ils ont fait l'objet de plusieurs rapports donnés en annexe du vol.I. Il est inutile d'épiloguer sur les résultats obtenus dont la valeur ne se jugera qu'au moment de l'emploi.

4.2.5.2. Stérilité mâle cytoplasmique -

On connaît actuellement trois systèmes différents de stérilité mâle cytoplasmique capables d'être exploités à des fins pratiques A1, A2, 23, mais seuls les deux premiers A1 et A2 étaient déjà disponibles au moment de la mise en place du projet. Les lignées associées à ces deux cytoplasmes qui ont été utilisées dans le cadre de ce programme: Tif 23 D2 (A1), Tif 239 D2 (A2) sont deux variétés naines américaines qui nous ont été fournies par la station de Tifton (U.S.A) où elles ont été créées.

Ces deux lignées ont le très grave inconvénient d'être mal adaptées aux conditions du milieu parasitaire en Afrique. Elles sont en particulier très sensibles au Sclerospora; leur sensibilité est telle qu'il n'est pas rare que la totalité des plantes de ces deux variétés aient été détruites avant de pouvoir parvenir au stade reproductif, ce qui interdit

tout usage pratique direct de ces variétés dans les programmes d'hybridation devant être réalisés en saison des pluies.

Si on voulait utiliser les deux systèmes de stérilité mâle cytoplasmique A1 et A2, il était donc nécessaire de chercher à créer dans les meilleurs délais des lignées de substitution à Tif 23 D2 (A1) et Tif 239 D2 (A2), qui n'aient pas la sensibilité au Sclerospora de ces dernières.

Il était nécessaire de s'assurer aussi, dans le même temps, que les mécanismes génétiques qui contrôlent la stérilité mâle dans les deux cytoplasmes A1 et A2 fonctionnent normalement dans les conditions de milieu où on se trouve, et qu'ils continuent à fonctionner également normalement dans la descendance des hybrides qui pouvaient être faits par croisement de ces deux variétés avec les mils africains traditionnels.

Les travaux réalisés ont montré que:

1°/- contrairement à la souche Tif 23 D2 (A1) chez laquelle on note une bonne stabilité des phénomènes de stérilité en milieu africain, la souche Tif 239 D2 (A2) révèle par contre une assez forte instabilité en fonction à la fois

- des conditions du milieu, en particulier de l'époque de culture.
- de la plante considérée.
- du numéro de sortie des talles portant les chandelles (voir rapport de 2ème année de contrat pages 42 à 53).

On ne saurait toutefois tirer de ces résultats la conclusion qu'il faille renoncer à faire une exploitation du système A2 en Afrique. Il se peut que les anomalies de comportement observées soient davantage le fait de l'architecture génétique spécifique de la variété Tif 239 D2 que du système A2. L'expérience devra être reprise à partir d'autres variétés associées à ce système : en particulier les 2 lignées L66 et L 103 sélectionnées à Ludhiana (Inde) où ce système a été isolé pour la première fois.

En attendant que de telles nouvelles expériences puissent être réalisées, il a été décidé de concentrer le travail uniquement sur les possibilités d'exploitation pratique du système A1.

2°/- On éprouve souvent une très grande difficulté à classer, sur le plan du maintien de la stérilité ou sur celui de la restauration de la fertilité, les descendances qu'on obtient par croisement entre Tif 23 D2 (A1) et les mils africains traditionnels.

On admet que le couple de caractère : maintien de la stérilité - restauration de la fertilité, est contrôlé par un gène majeur, mais on sait par ailleurs que l'action de ce gène peut être modifiée par

d'autres gènes mineurs et par l'environnement, ce qui conduit à des degrés de fertilité intermédiaires.

Il serait intéressant de savoir quel est, de l'environnement ou de la structure génétique de la plante, celui de ces deux facteurs qui a la part la plus grande dans l'expression des phénomènes qui ont été observés.

L'aspect génétique a été jusqu'à présent totalement négligé par rapport à l'aspect physiologique. C'est pourtant celui qui pourrait permettre de conduire le mieux à des solutions correctives d'intérêt pratique.

Les efforts entrepris pour créer des lignées de substitution à Tif 23 D2 A1, suffisamment résistantes au *Sclerospora* pour pouvoir être exploitées en saison des pluies, ont porté sur les deux types d'architecture A et C, vers lesquelles ont été orientés les travaux de sélection.

Ces efforts ont abouti, après plusieurs cycles de croisements de retour successifs, à la création :

- d'une lignée de substitution d'architecture C tirant son origine d'un hybride Tif 239 D2 x 1133
- de quatre lignées de substitution d'architecture A, tirant toutes quatre leur origine d'un même hybride I 472 x 1133.

On dispose donc, à l'heure actuelle, de géniteurs mâles stériles cytoplasmiques de l'une et l'autre architecture, et suffisamment résistants au *Sclerospora* pour pouvoir se permettre de commencer un inventaire sérieux des gènes de maintien de la stérilité ou de restauration de la fertilité vis-à-vis du cytoplasme A1, présents dans le matériel sélectionné, sans avoir à encourir les inconvénients qu'un tel travail pouvait présenter quand on ne disposait que de Tif 23 D2(A1).

Le fait qu'on dispose de lignées de substitution pour les deux architectures A et C permettra aussi, par la suite, de faire un travail beaucoup plus facile d'introduction de la stérilité mâle cytoplasmique, dans les lignées d'architecture correspondante où il pourra paraître intéressant de l'introduire pour créer des hybrides F1, si leur production se révèle être la voie choisie pour l'avenir.

En ce qui concerne cette création d'hybrides, nous ne sommes absolument pas d'accord avec la conclusion rapportée Vol. I page 95, selon laquelle l'utilisation de la stérilité mâle cytoplasmique apparaît comme un luxe.

Nous serions fort étonnés que nos collègues Indiens, qui durant tant d'années ont essayé en vain de mettre sur place un système

de production commerciale d'hybride F1 avant de pouvoir recourir à l'emploi de la stérilité mâle cytoplasmique, ne soient pas d'accord avec nous.

4.2.5.3. Croisements tests en vue de la mesure du degré d'aptitude à la combinaison que peuvent avoir les lignées entre elles

En dépit d'une destruction presque totale par le Sclerospora des premières populations hybrides créées, il a été possible de commencer, en fin de quatrième année, à partir des lignées provenant de la seconde série de croisements, les tests d'aptitude à la combinaison pour le rendement en graine (vol.I - tab.30, 31, 32).

Les lignées utilisées dans ces tests sont, pour la plupart, des lignées F4. Les études faites avec les rares descendances survivantes des premières populations hybrides créées avaient montré que les lignées, parvenues à ce stade, ont généralement acquis un degré de fixation suffisant pour les caractères de durée du cycle végétatif et de résistance au Sclerospora (dont la possession doit être considérée comme une contrainte absolue) pour qu'on n'ait pas à redouter de devoir éliminer par la suite, à cause de ces caractères, un très grand nombre des lignées qui auraient pu se révéler intéressantes pour l'aptitude à la combinaison.

Les lignées utilisées dans ces tests ont été regroupées en 3 catégories, en fonction de la durée de leur cycle végétatif.

Compte tenu du nombre restreint de lignées ayant une durée de cycle végétatif de 55-65 jours, il a été possible de faire, dans cette première catégorie, toutes les combinaisons hybrides deux à deux entre les différentes lignées (vol.I-tab.30).

Cela n'était pas possible pour les deux autres catégories, correspondant l'une à des durées de cycle végétatif de 70-80 jours, l'autre à des durées de cycle végétatif de 85-95 jours, pour lesquelles on dispose d'un nombre beaucoup plus grand de lignées. (vol.I-tab.31-32)

Dans la catégorie II (cycle de 70 à 80 jours) on a accordé la priorité aux croisements qui pourraient permettre d'améliorer le rendement en graine/ha de la population Syn 1 GAM 73, dont le comportement vis-à-vis du Sclerospora a déjà pu être jugé en plusieurs points du Sénégal, et dont on sait qu'elle correspond à un type d'architecture pour lequel la vulgarisation en milieu paysan ne se heurtera à aucun problème.

L'exploitation des résultats des premiers croisements déjà faits pour la mesure du degré d'aptitude à la combinaison pour le rendement en graine/ha devrait logiquement conduire, à moins d'une malchance

extraordinaire, à la constitution de populations synthétiques ou d'hybrides d'un rendement en graine/ha suffisant pour qu'on puisse les mettre en vulgarisation au terme prévu par l'échéancier de travail établi au départ, c'est à dire à la fin des sept premières années de travail, à condition toutefois que le projet soit bien poursuivi dans ses lignées directrices d'origine, après ce premier contrat de quatre ans.

4.2.5.4. Remplissage en graine des chandelles

Le mauvais remplissage en graine des chandelles dont ont témoigné les premières générations de multiplication du Syn 1 GAM 73 avait fait naître la crainte, dans l'esprit de plusieurs, que ce défaut soit une caractéristique générale de toutes les nouvelles structures pouvant être extraites de la descendance des nombreux croisements qui ont été réalisés entre les mils traditionnels africains et les génotypes nains américains, utilisés comme second parent.

On a montré que ce défaut, effectivement de nature génétique, avait pu être facilement et très rapidement corrigé par simple sélection massale (vol. I - pages 66 à 71).

C'est un défaut qui n'apparaît que dans certaines descendance hybrides, et dont la gravité a été fortement exagérée.

Il convient toutefois d'accorder une attention particulière au bon remplissage en graines des chandelles au moment des choix de la F2, et de ne pas hésiter à éliminer en F3 toutes les lignées où ce défaut peut se révéler.

Aucune des très nombreuses descendance qui ont été traitées de cette façon ne nous a posé par la suite de problème de remplissage en graine des chandelles.

4.2.6. Qualités nutritionnelles et organoleptiques du grain

Le comité de gestion, réuni à Dakar en septembre 1970 pour préciser les objectifs du projet, avait décidé que, sans vouloir faire de la qualité protéinique et nutritive des mils un objectif majeur de sélection, les nouvelles variétés seraient soumises à des analyses avant d'être exploitées afin de vérifier si elles ne sont pas en retrait par rapport aux variétés existantes, et aussi afin de fournir éventuellement des critères de choix entre populations, hybrides ou lignées en étude.

Ce n'est donc qu'au cours de la prochaine phase de travail, sur les produits des croisements faits pour tester le degré d'aptitude à la combinaison pour le rendement en graine/ha des différentes lignées disponibles, que les analyses chimiques concernant la richesse en protéines totales et en certains acides aminés du grain auront leur

plus grande utilité.

On a pensé qu'il ne serait cependant pas sans intérêt de savoir quelle est la richesse en protéines totales du grain de chacune des lignées qui seront utilisées en croisements testés.

Une première série d'analyses, portant sur 150 lignées tirant leur origine de 24 combinaisons hybrides différentes, mettant en jeu 15 cultivars africains différents, est en cours de réalisation.

4.2.7. Recherches agronomiques

Rappelons que le but de ce programme particulier n'a jamais été d'essayer de déterminer quels sont les modes précis de culture (techniques culturales, fertilisation, dates de semis, écartements...) qu'il aurait été souhaitable d'appliquer à la variété Syn 1 GAM 73, utilisée dans les expériences, pour lui permettre d'exprimer au maximum les possibilités génétiques de rendement qu'elle pouvait posséder.

Cette population n'avait d'intérêt qu'en tant que modèle d'architecture, de même que la population Syn 5 GAM 75 créée par la suite n'a d'intérêt qu'en tant qu'autre modèle d'architecture.

Il n'a été tenu aucun compte, au moment de la constitution de ces deux populations, du degré bon ou mauvais d'aptitude à la combinaison pour le rendement en graine/ha que pouvaient avoir les lignées retenues pour les constituer.

Le but du programme de recherche, développé au cours des deux dernières années de contrat était :

a)- d'examiner quelles sont les modifications de technique culturale, par rapport à celle de la culture des mils traditionnels que pourrait entraîner l'exploitation de nouvelles variétés caractérisées par une architecture de plante très différente de celle des mils traditionnels, et de préciser la nature des techniques nouvelles à employer.

b)- de faire une première évaluation de l'incidence, au point de vue de l'utilisation du facteur travail, de l'introduction des nouveaux types de mil dans différents systèmes de production déjà en place, ou susceptible d'être développés dans un proche avenir.

Le but de ce programme semble malheureusement avoir été un peu perdu de vue en plusieurs occasions, ce qui fait qu'on n'a pas tiré de l'expérimentation mise en place durant les deux dernières années du contrat tout le bénéfice qu'on aurait dû en tirer.

4.2.7.1. Techniques culturales

Les travaux concernés sont essentiellement les travaux de semis, démariage et récolte; c'est à dire ceux pouvant avoir une relation directe avec l'encombrement spatial beaucoup moindre des plantes des nouvelles variétés par rapport à celui des mils traditionnels, à cause de leur architecture différente, ce qui conduit inévitablement à réaliser avec ces nouvelles variétés des densités de peuplement (nombre de plantes/ha) beaucoup plus élevées que dans le cas des mils traditionnels.

1/- Semis

L'objectif est de substituer au semis manuel traditionnel un mode mécanique de semis avec les semoirs vulgarisés : semoir à arachide Super-Eco dans les petites exploitations, polyculteur à trois rangs dans les exploitations plus importantes.

En raison des caractéristiques de distribution inhérentes à ces semoirs, il est nécessaire de faire un semis en ligne continue.

La division du Machinisme Agricole du CNRA de Bambey a mis au point un disque à 18 trous, dont l'emploi a donné, tant en 1973 qu'en 1974, d'excellents résultats (densité de semis faible et régulière, levée normale). La quantité de semence utilisée a été de 3kg/ha pour un semis fait à l'écartement de 60 cm entre lignes, 5 kg/ha pour un semis fait à l'écartement de 45 cm, 7kg/ha pour un semis fait à l'écartement de 30 cm. Notons par comparaison qu'il faut 5 à 7 kg/ha en semis manuel avec les mils traditionnels. Trois précautions sont cependant nécessaires pour réussir un bon semis: utiliser des graines calibrées, faire une bonne préparation du lit de semence, bien régler la profondeur du semis.

2/- Démariage

Le démariage manuel est une opération très longue, même sur les mils traditionnels semés à un écartement de 90 cm x 90 cm pour lesquels il faut compter un minimum de 80 à 100 h de travail par hectare.

Dans le cas des nouvelles variétés semées en ligne continue, les temps relevés en 1973 ont atteint 134 heures par hectare pour les semis faits à un écartement entre lignes de 60 cm, 210 heures pour ceux faits à un écartement de 45 cm. Ce sont des temps particulièrement excessifs en période à forte contrainte de travail.

Plusieurs moyens de substitution au démariage manuel ont été envisagés, allant de l'absence totale de démariage à un démariage entièrement mécanique, en passant par une technique intermédiaire de démariage grossier à l'ilaire, en même temps qu'est fait le premier binage entre lignes.

En ce qui concerne le démariage mécanique, la division du Machinisme Agricole du CNRA de Bambey a mis au point un outil de travail qui peut être fixé sur la barre porte-outil double; du polyculteur à grand rendement (cf. Essai de démariage mécanique du mil GAM en traction bovine par F. PLESSARD - Doc DGRST/ISRA 1974).

Le travail réalisé en 1974 avec cet outil a été satisfaisant sur le plan de la réalisation. Le gain de temps est considérable. Il suffit avec cet outil de 10 heures de travail pour démarier un hectare.

Une mise au point est encore cependant nécessaire, car le rendement des parcelles démarriées mécaniquement est inférieur au rendement des parcelles démarriées manuellement. On a noté en 1974 une chute de rendement de 300 kg après démarriage mécanique pour un rendement de 1643 kg de graine/ha obtenu après démarriage manuel. Les agronomes pensent que le gain de temps obtenu grâce au démarriage mécanique, par rapport au démarriage manuel (124 heures/ha pour une culture à l'écartement entre lignes de 60 cm, 200 heures/ha pour une culture à l'écartement entre lignes de 45 cm) compense cependant très largement, dans ce cas particulier, la perte de rendement encourue.

Le démariage mécanique est malheureusement une technique qui, pour le moment, n'est utilisable que dans peu d'exploitations. C'est surtout une technique pour le futur, en culture intensive.

Il conviendra pour les petites exploitations de s'attacher davantage aux deux autres moyens, surtout le premier: l'absence totale de démarriage. C'est une technique à laquelle les variétés en étude semblent pouvoir répondre différemment. Les sélectionneurs auront à en tenir compte dans le futur.

3/- Récolte

Les agronomes du CNRA de Bambey ont démontré grâce à l'étude des systèmes de production en station, et chez les paysans correspondants, qu'en cas de rendement élevé résultant de l'utilisation simultanée d'espèces précoces à haut rendement et de techniques intensives, un important goulot d'étranglement apparaît dans le bloc de travail " Récolte des céréales précoces - labour de fin de cycle".

La récolte des nouvelles variétés de mil, et l'enfouissement des pailles de ces mils après récolte, sont situés entièrement à l'intérieur de cette période critique.

C'est pourquoi il a paru nécessaire aux agronomes du CNRA de Bambey d'examiner dès maintenant les possibilités de récolte mécanique offertes par les nouvelles structures qui pourront être mises à leur disposition.

L'objectif assigné par les agronomes à la récolte mécanique des nouveaux mils est triple :

- diminuer le temps de main-d'oeuvre pour la récolte
- récolter simultanément les pailles (fourrages grossiers) sans travail supplémentaire important, en vue de résoudre facilement au moins en partie, la contrainte d'affouragement du bétail.
- obtenir un labour de fin de cycle réussi (dressé-fermé) en enfouissant uniquement les chaumes et le feutrage d'herbe apparu à la fin du cycle végétatif du mil.

Les résultats détaillés de cette étude ont été donnés par J. MONNIER et F. PLESSARD dans une note DGRST/ISRA de 1975 : " Synthèse des recherches concernant le comportement en grandes parcelles du mil GAM; Techniques culturales et organisation scientifique du travail ".

Il apparaît, en résumé, que la récolte mécanique à la faucheuse à boeufs est possible, surtout avec les faucheuses ayant une vitesse de coupe plus rapide; il est préférable de faucher dans le sens des lignes plutôt que perpendiculairement. La mise en gerbes immédiates est possible, mais des moisissures sont à craindre si les tiges et les pailles sont trop humides, ce qui est fréquemment le cas à l'époque de la récolte, où la saison des pluies n'est pas encore arrivée à son terme.

Dans le cas où la variété possède des chandelles comme celles de la variété Syn 1 GAM 73, chez laquelle la longueur des chandelles varie entre 30 et 45 cm, il n'est pas possible de passer les tiges avec les épis dans la batteuse. Il faut donc couper les épis après la récolte. Dans ces conditions, la récolte manuelle directe qui demande beaucoup moins de main-d'oeuvre est la meilleure. Il est possible, après la récolte manuelle, de faucher les tiges restantes et de les exporter après un fanage de quelques jours, mais cela prend du temps qui doit être déduit du temps disponible pour le labour de fin de cycle. La meilleure solution paraît être dans ce cas celle de l'enfouissement direct des pailles, qui est possible avec un bon brabant ou avec une charrue munie d'un déflecteur. Le labour au brabant, effectué dans des conditions d'humidité excellente, a demandé 200 kg d'effort de traction pour une profondeur de travail de 16 à 18 cm.

Les agronomes ont souhaité, en conclusion de l'ensemble de ces travaux de récolte, que puisse être mise à leur disposition une autre structure de plante qui serait caractérisée par :

1°/- des tiges encore plus minces que celles des plantes qui constituent la population Syn 1 GAM 73, pour pouvoir soit faciliter la fauche si on choisit cette technique soit diminuer les efforts de traction au moment de l'enfouissement des pailles si on décide d'enfourir

directement les pailles après la récolte à la main des épis.

2°/- des chandelles beaucoup plus courtes que celles des plantes qui constituent la population Syn 1 GAM 73, pour des raisons de facilité de battage avec les machines actuellement sur le marché.

C'est pour essayer de répondre à ce désir qu'a été créée la nouvelle population Syn 5 GAM 75.

Ajoutons, concernant le battage mécanique du mil (indispensable selon les agronomes si des rendements de l'ordre 4000 à 5000 kg de graine/ha doivent être obtenus en culture intensive), qu'une insertion moins forte du grain dans les épillets serait à rechercher. Ce caractère devrait devenir, d'après eux, un des plus importants critères de sélection dans le futur.

4.2.7.2. Incidence, du point de vue de l'utilisation du facteur travail, de l'introduction des nouveaux mils dans un système de production.

Cette étude a été faite en se plaçant dans les conditions d'un système de production valable pour la zone de Bambey.

Indiquons brièvement les caractéristiques de ce système:

- 9 hectares en culture continue sur sols de régénération
- Rotation intensive :
 - arachide hâtive (3 ha)
 - mil précoce (3 ha)
 - arachide tardive (3 ha)
- Fumure forte
- Travail du sol intense
- Moyen de travail :
 - une paire de boeufs
 - 1 polyculteur à grand rendement
 - 3 hommes actifs permanents + 3 en période de goulot d'étranglement

Le plan de travail se divise en 6 blocs bien distincts

- I - Façons superficielles de préparation en sec
- II - Travaux de semis en humide
- III - Travaux d'entretien
- IV - Travaux de récolte céréales précoces et labour
- V - Travaux de récolte arachide
- VI - Travaux de battage + transport

La comparaison des plans de travail établis à partir des fiches de travaux montre que les nouvelles structures peuvent

constituer une culture beaucoup plus intéressante que celle des mils traditionnels, car elle est moins exigeante en main-d'oeuvre pendant la période à fort goulot d'étranglement constituée par le 4ème bloc de travail " Travaux de récolte des céréales précoces et labour de fin de cycle. "

Ainsi, avec un mil comme la population Syn 1 GAM 73, il est possible de gagner, à l'intérieur de cette période, une à deux " Unités - Travailleurs " par journée de travail. D'autre part, le temps de main-d'oeuvre global comprend, dans ce cas, le temps de ramassage et de débardage des pailles de mil qui sont utilisables en saison sèche pour nourrir le bétail (réduction de la contrainte d'affouragement).

Pour le bloc II (travaux de semis en humide), le mil GAM semé en humide au semoir, demande plus de main-d'oeuvre, mais le temps nécessaire reste dans les limites des disponibilités en main-d'oeuvre du système. C'est la traction qui, dans ce cas, limite la surface cultivable: avec le même équipement en traction et semoir, il faut pratiquement une journée supplémentaire pour semer le mil GAM. Il faut donc trois jours pour emblaver la totalité du système (9 ha). Trois solutions sont possibles:

- accepter de semer trois jours consécutifs, ce qui implique que la pluie de semis atteigne au minimum 30 mn.
- utiliser une unité de traction supplémentaire
- diminuer la surface à emblaver à la première pluie utile

La seconde solution a la préférence des agronomes, car elle est la plus réaliste si l'on tient compte de la nécessité de prévoir au moins deux unités de traction par exploitation pour pouvoir réaliser les labours de fin de cycle dans les meilleures conditions.

Pour le bloc III (Travaux d'entretien) le mil GAM demande globalement le même temps que le mil traditionnel souna III.

La différence qui existe dans le bloc VI est négligeable pour deux raisons :

- le temps de travail au battage est fortement lié à la quantité produite
- les travaux situés à l'intérieur de cette période, en dehors des labours de fin de cycle après arachide (en sec), sont facilement différables. (voir pour plus de détails J. MONNIER et F. PLESSARD : Synthèse des recherches concernant le comportement en grandes parcelles du mil GAM: Techniques culturales et organisation scientifique du travail. Doc. DGRST/ISRA 1975).

En conclusion de leurs travaux, les agronomes estiment qu'un rendement légèrement supérieur des nouveaux mils par rapport à celui du mil traditionnel souna III suffirait pour donner un très net avantage à ces nouveaux mils. Ceci d'autant plus que, comme nous l'avons dit précédemment, les nouveaux modèles de mils permettent une bien meilleure économie de l'eau (voir chap. I page 26).

4.2.7.3. Enracinement

Le but des études qui ont été entreprises dans le cadre de ce contrat sur la morphologie du système racinaire des nouveaux mils en cours de sélection répond à un double souci.

- Celui de savoir dans quelle mesure la diminution de la masse végétative aérienne, en particulier la réduction de la taille des plantes, n'aurait pas pu conduire à une réduction parallèle du système racinaire, qui aurait pu fragiliser le matériel à la verse due aux tornades assez fréquentes au Sénégal en fin de saison de culture des mils.

- Celui de savoir dans quelle mesure la morphologie très différente des nouveaux mils, associée à la nécessité d'une densité de semis plus forte que celle des mils traditionnels, ne risquaient pas d'induire une exploration différente du sol par le système racinaire de ces mils, avec pour conséquence un changement dans leur alimentation hydrique et minérale par rapport au mil traditionnel.

Pour cela on a utilisé 3 méthodes complémentaires d'étude de l'enracinement : description de profils racinaires, prélèvements par sondages, prélèvements globaux par horizon.

Ces études ont été faites en utilisant la population Syn 1 GAM 73, d'architecture A, comme matériel d'expérience, et n'ont porté que sur des plantes déjà parvenues au stade reproductif.

Les résultats détaillés de ces études figurent dans le rapport annuel d'activité pour 1974 de J.C. CHOPART.

A partir des résultats disponibles, on peut affirmer qu'entre la floraison et la récolte le Syn 1 GAM 73 possède un système racinaire bien développé, comparable à celui du mil traditionnel, aussi bien du point de vue de la densité racinaire que de la profondeur maximale atteinte par le système racinaire.

Cette information devra être complétée, au cours des prochaines années, par une étude du développement racinaire de ces mils durant les premières étapes de la végétation, en particulier sur la rapidité avec laquelle se fait la croissance racinaire durant les premiers âges de la plante.

4.2.7.4. Autres travaux de recherches agronomiques

La population Syn 1 GAM 73 a été introduite au cours des deux dernières années comme matériel expérimental dans divers travaux de recherches poursuivis par différents services et laboratoires du Centre National de Recherches Agronomiques. Les résultats des travaux faits en utilisant cette population comme matériel d'expérience figurent dans les rapports annuels d'activité de ces différents services et laboratoires.

- Service de Malherbologie

On a vérifié que le mélange atrazine + propazine, mis au point aux Indes dans la lutte chimique contre les mauvaises herbes à l'intérieur des cultures de mil, était également particulièrement efficace au Sénégal à des doses à matières actives faibles. L'inconvénient de ce produit est de nécessiter des quantités d'eau assez importantes (400 l/ha), à une époque où les disponibilités en eau au Sénégal sont encore réduites, puisque le traitement doit être fait entre le semis et la sortie de terre des plantules, donc au tout début de la saison des pluies. On recherche actuellement d'autres produits qui permettraient de pallier à cet inconvénient.

Les services de vulgarisation agricole du Gouvernement du Sénégal considèrent que la technique de lutte chimique contre les mauvaises herbes dans les cultures de mil pourrait connaître un certain développement dans les prochaines années, surtout si on vulgarise la culture de mils qui doivent être semés en lignes à des écartements relativement faibles.

- Service de bioclimatologie

Nous avons déjà eu l'occasion d'indiquer à plusieurs reprises les résultats des études réalisées par ce service sur les besoins en eau des nouvelles structures de mil en cours de sélection (chap. I - page 10) et les économies en eau qui pouvaient résulter de la culture de ces nouvelles structures.

Alors qu'une arachide tardive, ayant une durée totale de cycle végétatif de 105 jours, type 57-422, a besoin d'une quantité d'eau de 548 mm, un mil traditionnel précoce du type souna III, de durée de cycle végétatif de 90 jours, une quantité d'eau de 416 mm, une arachide précoce de durée de cycle végétatif de 90 jours, type 55-437, une quantité d'eau de 405 mm, il suffit pour un mil d'architecture nouvelle, d'une durée de cycle végétatif de 75 jours comme le Syn 1 GAM 73, d'une quantité d'eau de 320 mm.

- Service de Chimie des Sols

Les études ont porté sur l'activité d'un nouvel engrais azoté retard, la N-lignine. Ces études sont poursuivies en collaboration entre le CNRA de Bambey et le Centre Allemand des Recherches Agronomiques de Braunschweig. Les premiers résultats obtenus démontrent clairement la qualité " azote-retard " de cette N-lignine, et mettent en évidence une régularité dans les rendements (régularité dans les répétitions et dans l'allure de la courbe de réponse).

L'action de la N-lignine sur les rendements du mil semble se manifester par une augmentation, proportionnelle à la dose, du nombre d'épis par hectare, alors qu'en présence d'urée ce nombre n'augmente que très légèrement pour chuter à la forte dose. A partir des résultats d'analyses de sucs cellulaires obtenus, il semblerait, sur mil, que la transformation des formes aminées en formes protéiques se fasse mieux sur N-lignine et forme mixte N-lignine + Urée que sur Urée seule.

Ces études sur la nutrition azotée du mil revêtent une grande importance pratique, en particulier pour la culture des mils semés tardivement après le démarrage de la saison des pluies.

- Service de Phytopathologie

Nous ne le citerons que pour mémoire, ayant longuement exposé dans le volume 1, au chapitre sélection pour la résistance au Sclerospora, la part très grande prise par ce service dans la réalisation de ce travail.

- Service d'Entomologie

Une étude très intéressante a été mise en place pour préciser le développement de certains parasites et leurs effets sur la production, en tenant compte de la durée du cycle végétatif des différentes structures sélectionnées et de la date à laquelle ces mils pourraient être semés. Une attention particulière a été accordée à une chenille des chandelles, appartenant au genre *Masalia* (famille des noctuidées), dont les effets nuisibles se font sentir d'une façon accrue depuis quelques années sur l'ensemble de la zone sahélienne de culture des mils. Vis-à-vis de ce parasite, les mils à cycle végétatif très court semblent se montrer plus vulnérables, ce qui pourrait conduire à une action particulière de recherche contre ce parasite, incluant les diverses possibilités de lutte : chimique, biologique, génétique (création de variétés résistantes).

- Service de pré vulgarisation

Afin de soumettre les nouvelles structures de mil à un premier test auprès de l'agronome et aussi du paysan, l'IRAT/Sénégal avait proposé dès la fin de la deuxième année de contrat (septembre 1972)

de mettre à la disposition du projet son "système" et sa "démarche de transfert Recherche - Développement", pour recueillir une première impression sur les problèmes à résoudre en vue de faciliter et accélérer le plus possible la diffusion de ces nouveaux mils lorsqu'ils auront acquis les qualités génétiques et physiologiques désirables.

Si les travaux faits en troisième année de contrat ont bien été mis en place dans une telle optique, il semble malheureusement que cette optique ait été perdue de vue par la suite, au bénéfice d'une recherche agronomique davantage destinée à préciser les conditions de la culture du matériel expérimenté (Syn I GAM 73) et à comparer les possibilités locales de rendement de ce mil par rapport aux mils traditionnels. Cette orientation est d'autant plus erronée que ce matériel expérimental avait été créé en vue de recherches dans lesquelles le rendement en graine/ha ne devait pas intervenir, et qu'on ne s'était par conséquent soucié, pour constituer cette variété, que des caractéristiques de durée de cycle végétatif et d'architecture de plantes des lignées utilisées pour le composer. Aucune mesure du degré d'aptitude à la combinaison pour un bon rendement en graine/ha n'ayant été faite sur ces lignées.

Il convient donc de se montrer très réservé vis-à-vis de certains des résultats fournis par cette expérimentation.

Nous retiendrons seulement pour l'instant de ces essais que, partout où ils ont eu lieu (du Sud au Nord : Nioro, Thyssé - Kayemor, Koumbidia, Keur Yorodou, Boulel, Bambey, Ndièmane, Thiénaba, Louga, Fanaye), les paysans ont manifesté un intérêt certain pour cette nouvelle forme de mil. Il semble que les paysans participeront volontiers à la diffusion de ces nouveaux types de mil, dès que leur rendement en graine/ha leur permettra simplement de concurrencer le rendement des mils traditionnels.

Il convient toutefois de ne pas oublier que pour l'instant le paysan voit surtout dans le mil un produit vivrier de soudure, et ne juge donc ces nouvelles variétés qu'en comparaison avec le souna traditionnel, par rapport auquel elles se montrent généralement beaucoup plus précoces. Il y aura lieu de lui présenter très rapidement la culture de ces nouveaux mils comme celle d'une plante principale de sa succession culturale.

CHAPITRE III

CONCLUSIONS GENERALES

A - ECHEANCIER

Si on compare la nature des travaux qui ont été effectués depuis le démarrage du projet avec l'échéancier de travail qui avait été établi au départ, on peut constater que le programme de travail qui a été réalisé au cours des quatre premières années correspond très exactement à ce qui avait été prévu.

On peut donc dire que le groupement ORSTOM - IRAT, auquel le Gouvernement du Sénégal avait confié l'exécution du projet, a rempli correctement son contrat.

CE SERA NOTRE PREMIERE CONCLUSION

Il n'était évidemment pas question d'espérer pouvoir créer, dans un délai de temps aussi court que quatre années, de nouvelles variétés de mil déjà susceptibles de faire l'objet d'une vulgarisation en champ paysan. C'est une opération qui réclame en général de 7 à 10 années pour être menée à bien.

Notre ambition était de pouvoir dire, au terme de ces quatre années, si les hypothèses de travail proposées au départ étaient capables ou non de conduire à des réalisations ayant réellement un intérêt pour les paysans et pour l'économie sénégalaise, donc de dire si le programme méritait d'être poursuivi dans la voie tracée ou s'il était préférable de l'abandonner.

C'est ce qu'il convient d'examiner à présent.

B - OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

Nous n'avons pas à nous interroger sur le choix des objectifs généraux, qui est affaire de Gouvernement :

- d'une part, amener le rendement moyen en graine/ha des mils au seuil nécessaire pour assurer les besoins en nourriture de la population, aux différentes étapes du futur, compte tenu des surfaces pouvant être consacrées annuellement à la culture de cette plante à ces différentes étapes.

- d'autre part, faire du mil une plante capable de s'intégrer dans un système de culture intensive.

On doit par contre s'interroger sur la voie suivie par la recherche pour atteindre ces deux objectifs.

Amélioration du rendement en graine par hectare

On a considéré que cette amélioration pourrait être obtenue par deux voies complémentaires :

- la substitution aux mils traditionnels de mils caractérisés par un rapport grain/paille très supérieur à celui des variétés traditionnelles.

- un meilleur ajustement du cycle végétatif des mils aux conditions climatiques variables de la zone de culture.

- a) - Substitution aux mils traditionnels de mils caractérisés par un rapport grain/paille très supérieur à celui des variétés traditionnelles.

Nous avons dit qu'il y avait deux façons d'agir sur le rapport grain/paille : soit chercher à augmenter le rapport grain/paille en s'attachant à l'accroissement de la quantité de graine par plante, soit chercher à augmenter le rapport grain/paille en s'attachant à la diminution de la quantité de paille par plante : C'est cette seconde voie qui a été suivie - Avons nous eu raison d'agir ainsi ?

A moins de refuser toute valeur aux travaux effectués par les physiologistes durant cette période de quatre ans, il semble bien qu'on doive parvenir, par la voie choisie, à des mils dont les potentialités de rendement en graine/ha seraient nettement supérieures à celles des mils actuellement cultivés.

On devrait donc, en bonne logique, poursuivre le programme dans la voie tracée, si l'on accorde foi aux travaux des physiologistes.

CE SERA NOTRE SECONDE CONCLUSION

- b) - Recherche d'un meilleur ajustement du cycle végétatif des mils aux conditions climatiques variables de la zone de culture.

Ceci intéresse plus particulièrement les mils de la zone sahélienne, à pluviométrie très irrégulière d'une année sur l'autre, tant par le total des pluies tombées au cours de la période de culture que par la façon dont elles se sont réparties.

Rappelons que cette recherche a fait l'objet d'une recommandation spéciale aux agronomes, de la part des Gouvernements des six Etats du Sahel, réunis à Ouagadougou en septembre 1973 pour tenter de dégager les principes dont l'application pourrait permettre d'éviter que se reproduise, dans le futur, le drame de la faim qu'eurent à connaître serrièrement ces Etats, à la suite de plusieurs

années déficitaires en pluie.

Les travaux faits durant ces quatre dernières années par les bioclimatologistes du Centre National des Recherches Agronomiques de Bambey ont montré, à ce sujet, que la recherche de variétés de mils plus précoces que ceux qui sont actuellement cultivés dans toute la moitié Nord du Sénégal était un impératif absolu, si on voulait avoir l'assurance que les mils cultivés dans cette région puissent avoir chaque année une production correcte.

A moins de refuser toute valeur à ces travaux, il ne semble pas que cette orientation, que nous avons cru devoir adopter dans le projet d'amélioration des mils au Sénégal, puisse être remise en cause dans le futur.

CE SERA NOTRE TROISIEME CONCLUSION

Création de variétés nouvelles de mil adaptés aux conditions particulières d'une agriculture intensive .

Ce sont les agronomes eux-mêmes qui ont défini le modèle des mils destinés à cet usage, après avoir procédé à une analyse directe, en champ, des problèmes de technique culturale, de besoins en outils et en main-d'oeuvre, et après avoir mesuré les temps de travaux correspondant aux diverses opérations de culture, liés à l'exploitation des différents types de structure de plante que pouvaient leur offrir les sélectionneurs.

On peut dire en conclusion du travail fait conjointement par les agronomes et les sélectionneurs durant les quatre premières années du projet (CE SERA NOTRE QUATRIEME CONCLUSION) que nous savons maintenant parfaitement quelle est l'image des mils que les agronomes souhaiteraient introduire, dans la rotation qu'ils se proposent de pratiquer dans les systèmes d'agriculture intensive que le Gouvernement du Sénégal voudrait développer.

C'est en gros celle du Syn 5 GAM 75, qui est un mil de type très céréalière à tiges fines, à chandelles courtes, qui peut être semé mécaniquement aussi bien avec les semoirs de type Super Eco utilisés dans les petites exploitations qu'avec les polyculteurs utilisés dans les exploitations plus riches du Siné Saloum; sa culture peut être faite sans démariage, ce qui représente de ce seul fait une économie de travail de 80 à 100 heures par rapport à la culture des mils traditionnels; la récolte des épis peut être faite mécaniquement si on le veut; la fauche des pailles et l'enfouissement des chaumes par le labour, après la récolte, peuvent être réalisés sans effort excessif de traction; la paille est bien acceptée comme nourriture par le bétail.

Il est possible de passer dès maintenant à la deuxième phase de travail : la recherche, dans le cadre de la structure ainsi définie, d'un rendement en graine/ha qui soit du niveau de celui que les économistes estiment nécessaire pour équilibrer le bilan financier de la rotation : 4 à 5000 kg de grain/ha au prix de commercialisation actuel du mil (contre 7000 au moment de l'établissement du projet).

On sait que les rendements envisagés sont du domaine de la réalité, tant par les mesures qui ont été faites par les physiologistes sur certains matériels en cours de sélection que par les rendements en graine déjà obtenus en Station, avec des populations qui n'avaient pas été travaillées spécialement pour le rendement en graine.

L'addition des conclusions 2, 3 et 4 conduit à une conclusion plus générale qui sera NOTRE CINQUIEME CONCLUSION : Au terme des quatre premières années, on dispose de suffisamment d'éléments positifs pour pouvoir affirmer que la voie dans laquelle la recherche a été engagée mérite d'être poursuivie.

C - ORGANISATION DU TRAVAIL

Le projet d'amélioration des mils a été conçu comme un programme pluridisciplinaire dans lequel, agronomes et physiologistes ont été étroitement associés aux sélectionneurs dès le début du travail : la définition des modèles de plantes selon lesquels devraient être construites les nouvelles variétés.

On conçoit aisément qu'avant de développer un programme spécifique de tests d'aptitude à la combinaison pour le rendement en graine/ha, parmi les différentes lignées disponibles, les sélectionneurs aient voulu savoir quelles étaient, parmi les différentes structures de plantes susceptibles d'être retenues, celles qui pouvaient répondre le mieux à l'usage qui devait être fait des nouvelles variétés de mil. Donc que les agronomes aient pu être associés étroitement à la définition des modèles qui semblaient le mieux capables de satisfaire les exigences de la culture en milieu paysan, tant sur le plan de la technique culturale, que sur celui du facteur travail.

Nous avons vu que les agronomes ont parfaitement rempli le rôle qu'ils avaient à jouer. Les sélectionneurs ont maintenant une vision claire de l'image des mils qu'ils devront sélectionner pour une agriculture intensive. Ils savent aussi à quelles conditions particulières de travail en milieu paysan devront pouvoir répondre les nouvelles variétés créées, en vue de leur usage dans une agriculture non intensive, et disposant de moins de moyens de travail, pour que leur culture ne se heurte pas à un refus de la part des paysans.

On conçoit par contre beaucoup plus difficilement que les physiologistes aient pu être associés à la définition de ces modèles de plantes.

On avait espéré, au départ du projet, que les études sur la nutrition carbonée du mil et sur la physiologie de la formation du grain permettraient d'établir des modèles de plantes à haute productivité photosynthétique, qui pourraient servir de guide aux sélectionneurs.

Nous avons vu que ces études ont conduit à la notion de densité critique, qui est le nombre de tiges par hectare à partir duquel l'énergie lumineuse, reçue par un couvert végétal de structure donnée, ne permet plus aux plantes qui composent ce couvert de trouver les conditions optimum nécessaires pour assurer leur production de graine. Cela se traduit, au niveau du champ, par une baisse de la production en graine de ce champ, bien qu'il soit formé par un nombre de tiges, donc d'épis, plus élevé que lorsqu'on reste en dessous de la densité critique.

La formule mathématique par laquelle s'exprime la densité critique ne permet toutefois pas, compte tenu de la nature des paramètres qui la composent, de définir un modèle particulier de plante. Il y a en fait, pour une même valeur de densité critique, plusieurs modèles possibles.

Les travaux qui ont été faits jusqu'à présent ont supposé que ni l'alimentation minérale des plantes, ni leur alimentation hydrique ne constituaient des facteurs limitants de leur croissance et de leur développement.

La formule de densité critique à laquelle on est parvenu actuellement n'exprime donc qu'un aspect de la réalité dans laquelle les plantes sont cultivées.

Nous pensons néanmoins que, telle qu'elle existe, la formule de densité critique est déjà à même de rendre les plus grands services aux sélectionneurs.

NOTRE SIXIEME CONCLUSION sera que l'association entre physiologistes et sélectionneurs a été bénéfique. Nous faisons le souhait qu'elle soit maintenue dans le futur et que puisse être développé le programme fixé au départ pour la deuxième période 1975-1977.

Il faut souhaiter aussi que la technologie utilisée par les physiologistes continue à être une technologie orientée vers des études faites sur des plantes entières, se trouvant placées dans des conditions naturelles de leur culture, plutôt que vers une technologie de laboratoire, peut être plus élaborée mais sûrement moins représentative des phénomènes physiologiques dont la plante est le siège durant sa culture.

D - SCHEMA DE SELECTION

Le mil étant une plante allogame et le but final du travail l'acquisition, dans tous les cas (culture intensive ou non), d'un rendement en graine/ha supérieur à celui des variétés traditionnelles cultivées, on a été naturellement conduit à adopter un schéma général de travail basé sur l'exploitation de l'hétérosis.

Cela ne veut pas dire que les méthodes utilisées par les sélectionneurs, durant les quatre premières années de travail, doivent être obligatoirement celles utilisées pour la suite du travail.

La méthode utilisée durant les quatre premières années a été discutée vol. I.

Elle a été choisie de préférence à d'autres méthodes à cause:

1)- de la plus grande rapidité avec laquelle elle pouvait permettre de créer des ensembles architecturaux divers pour les besoins des physiologistes et ceux des agronomes, dont la conclusion des travaux devait servir ultérieurement de guide pour les sélectionneurs.

2)- de la simplicité et de la clarté avec laquelle peuvent être établis les liens d'ascendance et de descendance dans le cas d'un matériel végétal (le mil) pour lequel les connaissances sur le déterminisme génétique des principaux caractères agronomiques et sur leur hérédibilité sont encore très fragmentaires (cas en particulier de la résistance au Sclerospora)

3)- de la difficulté à trouver, dans le cadre des structures de travail mises à notre disposition, des terrains suffisamment isolés par rapport à d'autres cultures de mil pour éviter les risques de pollinisation étrangère (l'accident survenu à l'un de nos champs semencier en 3ème année de contrat est là pour en témoigner).

4)- du désir d'avoir, au terme des quatre années de contrat, un matériel suffisamment développé et une somme de résultats suffisante pour pouvoir dire, au Gouvernement du Sénégal et aux organismes de financement associés, si la voie dans laquelle la recherche avait été engagée était justifiée, et par la même justifiable d'une nouvelle demande de financement pour prolonger le travail.

Nous ne savons pas ce qu'aurait donné une méthode de travail autre que celle suivie. Toute affirmation à ce sujet: reste du domaine de la spéculation.

Nous savons par contre quels sont les résultats auxquels a conduit la méthode suivie :

- d'une part, il a été possible de fournir aux physiologistes et aux agronomes les matériels dont ils avaient besoin, et dont l'étude leur a permis de tirer des résultats dont l'exploitation apparaît capitale pour la suite du projet.

- d'autre part, on a pu produire une gamme très étendue de lignées, caractérisées par des architectures de plantes très diverses, mais ayant toutes un rapport grain/paille supérieur à celui des mils cultivés actuellement (objectif n°1 du projet) et provenant de croisements ayant mis en jeu des mils traditionnels africains d'origine géographique très variée (Haute-Volta, Mali, Mauritanie, Niger, Nigeria, Sénégal et Tchad).

Les lignées obtenues ont de plus un degré de résistance au Sclerospora satisfaisant pour de nombreuses régions du Sénégal; leurs cycles correspondent bien aux périodes utiles pour les récoltes et les semis; enfin elles ouvrent de bonnes perspectives agronomiques.

C'est dire qu'au terme des quatre années du contrat signé entre le Gouvernement du Sénégal et le groupement ORSTOM-IRAT, on dispose d'un matériel végétal très riche pour la poursuite du programme.

Son exploitation peut être envisagée selon des modalités diverses :

- comme base directe de création de populations, synthétiques ou de variétés hybrides par la recherche et l'exploitation des meilleures aptitudes à la combinaison existant entre ces lignées. Un certain nombre de croisements ont déjà été faits dans ce sens.

- comme base pour la constitution d'un réservoir massal à partir duquel pourront être développés différents schémas de sélection après 2 ou 3 générations de recombinaison.

- comme base d'introduction de nouvelles architectures chez certaines populations de mils traditionnels par croisements de retour successifs de l'hybride sur l'un des deux parents. Plusieurs croisements ont déjà été faits également dans ce sens.

NOTRE DERNIERE CONCLUSION SERA QUE LE PROGRAMME D'AMELIORATION DES MILS DONT LE PROJET FED SE 215.015.25 A CONSTITUE LA PREMIERE TRANCHE, DOIT ETRE POURSUIVI.

Nous pensons qu'il faudrait beaucoup de malchance pour que l'exploitation du matériel dont on dispose après quatre années de travail et en fonction des connaissances acquises au cours de ces quatre années, ne permette pas de conduire dans les très prochaines années, conformément à l'échéancier établi, à la mise en culture de variétés qui répondent aux objectifs fixés par le Plan de Développement du Sénégal.