

CN0100445
F300
NDO

1979/(21)

République du Sénégal

Délégation générale
à la Recherche scientifique
et technique

PRIMATURE

A M E L I O R A T I O N
du I i l l

Texte ronéotypé à l'intention des
Etudiants de la Faculté des Sciences
de l'Université de DAKAR

par

Aminata Tiâm/Ndoye

Avril 1979

Centre National de Recherches
agronomiques de BAMBEY

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES
(I . S . R . A .)

C.N.R.A. - BAMBEY - S.D.I.	
Date	01-06-79
N°	0310 00
Bull. N°	AMS
Destinataire	SR/DOC

AMÉLIORATION DU MIL

Botanique et biologie florale

Le mil, Pennisetum typhoides STAPP et HUBBARD, appartient à la famille des graminées, sous famille des panicoidées, tribu des panicées, section des Pennicillaria.

Originnaire d'Afrique Centrale, plusieurs espèces sauvages sont connues dans le genre Pennisetum :

Pennisetum	mollisinum
P.	violaceum
P.	adoense
P.	perrotetti
P.	gymnotrix.

Les plus couramment rencontrés sont P. violaceum et mollisinum. P. typhoides et les mils sauvages possèdent $2n = 14$ chromosomes.

La culture du mil est très ancienne : on sait que cette plante est cultivée depuis 1200 ans avant J.C. en Inde. Son aire géographique actuelle s'étend de l'Afrique tropicale sèche à l'Inde en passant par la Chine, les Etats-Unis d'Amérique et l'URSS.

Le mil est une plante annuelle se présentant en touffe robuste et dressée dont la taille varie entre 0,5 m et 3 m à maturité.

La tige assez épaisse à la base porte des noeuds assez proéminents au-dessus desquels sont logés dans un sillon des bourgeons axillaires. Ces bourgeons vont donner les talles.

La gaine foliaire peut être assez longue parfois plus longue que l'entre-noeud. Le limbe lancéolé peut dépasser 80 cm.

Le système racinaire plus abondant dans les 50 premiers cm du sol peut atteindre 150 cm de profondeur.

Les stades de développement de la plante sont les mêmes chez le mil que chez les autres céréales : la levée, le tallage, la montaison, l'épiaison, la floraison, la maturation.

L'inflorescence est une panicule dense, de forme variable le plus souvent cylindrique dont la longueur peut varier de 5 cm à plus de 1 m. C'est en réalité un faux épi car les épillets généralement biflores et hermaphrodites ne sont pas sessiles.

La floraison commence au sommet de la panicule par la sortie de stigmates qui progresse vers la base. Ces stigmates se présentent à l'oeil nu sous forme de petits filaments blancs. Les anthères n'apparaissent que 4 à 5 jours plus tard après le début de la floraison au milieu de la panicule. Elles progressent ensuite vers le haut et le bas.

Ce processus particulier de floraison est appelé protogynie.
La fécondation obligatoirement croisée fait du mil un **allogame** quasi total.

Les différents types de mil cultivés

1/ Les mils de grande taille

- type sanio : photosensible : épiaison avec le raccourcissement des jours en septembre. Cycle environ de 100 jours, mil cultivé dans le Sud du Sénégal,
- type souna : photosensible préférant : c'est-à-dire que plus le jour est court, plus la floraison est rapide. Mais ces mils fleurissent quelque soit la durée du jour. Mils généralement précoces, 80 à 90 jours.
- tiotandé : mil apériodique, fleurs **longues** pédicellées, grains très gros. Culture localisée au Fleuve Sénégal.

Ces mils sont des mils de soudure.

2/ Les mils nains

- les mils américains : 23 d₂, 239 d₂.

Le nanisme consiste en un raccourcissement des entrenoeuds. C'est un mil apériodique.

Ligui du Tchad

Le nanisme consiste en une diminution du nombre d'entrenoeuds. Mil apériodique, aspect plus aéré que les mils américains.

3/ Les mils d'oasis

Caractérisés par la forme arrondie de la chandelle et la couleur foncée des grains. Parmi eux Dror et Maroc, mils cultivés en Afrique du Nord sont apériodiques.

Importance économique du mil

En Afrique et en Inde, le mil constitue avec le sorgho la base de l'alimentation humaine.

Très riche en sucre (67 à 72 %, poids sec), la graine de mil peut contenir jusqu'à 20 % de protéines et est considérée comme une bonne source d'acides aminés sauf pour la lysine.

Le mil présente sur le sorgho, l'avantage de ne pas contenir de l'acide cyanhydrique.

En Afrique et en Inde, le mil est consommé sous forme de pâtes plus ou moins épaisses, de bouillie, de cous-cous, de bière de mil.

Aux USA, il est cultivé pour son fourrage.

La culture des mils et sorghos au Sénégal

Le mil constitue avec le sorgho les céréales les plus importantes tant

du point de vue des surfaces cultivées que de la consommation. Le tableau suivant donne un aperçu des surfaces moyennes annuelles cultivées en céréales et les rendements moyens correspondants.

	∴ Mil et Sorgho ∴	Riz	∴ Maïs
Surface en milliers Ha	1 051,47	84,48	50,81
-----	-----	-----	-----
Rendement (en Kg/Ha	585	1 130,39	768,63

Période concernée : 1965 à 1976.

D'après ce tableau, les mils et sorghos occupent à eux-seuls plus de 88 % des surfaces cultivées avec cependant un rendement faible : 585 kg/ha contre 768,63 kg/ha pour le maïs et 1 130 kg/ha pour le riz.

La consommation est également importante. D'après les estimations faites en 1976, les mils et sorghos représentent plus de 50 % de la consommation nationale en céréales. Le tableau ci-dessous rapporte les consommations moyennes annuelles et les taux d'importation annuels en céréales.

	∴ Mils et Sorghos ∴	Riz	∴ Blé	∴ Maïs
(Consommation moyen- (ne annuelle en (tannes	431 222	221 291	79 060	61 070
-----	-----	-----	-----	-----
(Taux d'importation (%	9,07	90	100	40

Comme l'indique ce tableau, le Sénégal dépend de l'extérieur pour plus de la moitié des céréales consommées (59,77 %), l'importation moyenne annuelle de mils et sorghos s'élevant à près de 40 000 tonnes.

Depuis quelques années, le développement des cultures céréalières est inscrit au premier plan des priorités nationales et d'après les objectifs du gouvernement, on devrait couvrir à la fin du Ve plan les besoins en mils et sorghos.

C'est dans cette perspective qu'un programme d'amélioration des mils d'approche pluridisciplinaire est entrepris depuis 1970 pour la création de variétés de mils plus productives que les variétés traditionnelles et adaptées à l'agriculture intensive.

Les objectifs d'amélioration du mil

La réalisation de l'objectif d'augmentation de la productivité des mils tout en assurant la sécurité et la régularité des rendements implique deux niveaux d'action dans l'amélioration :

a) amélioration des conditions du milieu

- valorisation des ressources en eau par la mise au point de technique d'économie de l'eau. (labour.. .)
- amélioration des techniques culturales (semis, entretien et récolte).
- fertilisation minérale des sols
- protection des cultures contre les insectes, les mauvaises Herbes et les champignons.

b) Action au niveau de la constitution génotypique du matériel végétal

Nous avons vu que pour des surfaces cultivées bien supérieures à celles du riz et du maïs, les mils et sorghos avaient un rendement nettement inférieur. Ce faible rendement par rapport aux surfaces cultivées s'explique par l'importance de la matière sèche produite chez ces céréales comparées à la production de grains. Les tiges sont généralement épaisses, le tallage important. Chez le mil, on peut dénembrer dans certains cas jusqu'à 40 rejets. Cependant 20 % seulement de cette matière sèche sont convertis en prains, comparés au maïs 40 % ou au riz 50 %.

Pour faire face aux contraintes d'intensification, les pressions de sélection devront aller dans le sens :

- d'une réduction de l'architecture des mils traditionnels et d'un encombrement limité facilitant l'enfouissement des pailles après la récolte ;
- d'un cycle court, permettant une libération précoce des terrains et un labour de fin de cycle ;
- des épis compacts, bien remplis, une bonne facilité de battage.

En fonction de ces objectifs, les critères d'étude retenus ont été les suivants :

1/ Le cycle végétatif

Le facteur limitant étant ^{des plantes} l'eau, indispensable à la survie de la plante, il faut adapter la durée de vie ^{des plantes} aux conditions pluviométriques des zones de culture. A cette fin, il est prévu la création de 3 types de cycles correspondant aux 3 zones pluviométriques du Sénégal :

60-65 jours: zone Nord : Louga - Matam : zone de 300 mm

75 jours : zone Centre-Nord : Louga - Matam au Nord - Bambey -
Diourbel au Sud - zone de 400 à 600 mm

90 jours : zone Centre-Sud : Bambey - Koumpentoum - zone de 700 à 850 mm.

2/ L'architecture

Le mil étant une plante capable de produire beaucoup de paille, une voie d'amélioration du rendement en grains sera une modification de l'architecture des mils traditionnels, corrélative à une amélioration du rapport grain/paille et permettant un semis dense.

L'introduction d'un gène de nanisme a été retenue et oeuvrée par l'équipe précédente pour la création de cette nouvelle architecture hautement productive et capable de supporter une forte densité de population.

Le bouleversement effectué tant au niveau de l'architecture que du cycle, conditionné par l'intensification de la culture du mil impose que des réponses soient obtenues pour les questions relatives à :

- l'effet des cycles courts sur le rendement ;
- les relations entre l'architecture et le rendement.

3/ Le matériel existant ayant une faible variabilité, il est nécessaire d'augmenter à moyen terme cette variabilité mais aussi pour une question de sécurité ultérieure de la sélection, de disposer de pools géniques pour les différents caractères recherchés d'où l'on pourrait puiser continuellement pour conduire les travaux de sélection. A cette fin, la deuxième partie du programme de génétique prévoit à long terme la récupération de toute la variabilité génétique de l'espèce Pennisetum typhoides à partir des mils d'Afrique de l'Ouest, d'Afrique de l'Est, d'Inde et son organisation en pools correspondant à ces 3 zones : Centres de diversification du mil.

4/ Résistance à la sécheresse

-Evaluation de l'impact de la sécheresse survenant à des périodes différentes du cycle sur le rendement. Définition de paramètres mesurables pouvant servir de critères de sélection afin de conserver et améliorer les qualités apparentes de résistance à la sécheresse du matériel.

5/ Résistance aux parasites animaux et végétaux

a/ Les maladies cryptogamiques

La principale maladie cryptogamique du mil est le mildiou causée par Sclerospora graminicola. L'attaque peut être précoce : les feuilles se dessèchent et se dilacèrent, ou tardive : les organes reproducteurs se transforment en organes foliacés. Ce champignon peut causer des dégâts très graves au point de compromettre toute une production.

Il existe également d'autres champignons : Tolyposporium pennicillariae transforme les grains en poudre noire. On appelle cette maladie le charbon des grains.

C. laviceps microcephala 1. ergot : se caractérise par la présence d'un ~~exsudat~~ sucré toxique sur les fleurs.

b) les insectes

Le mil est une céréale dont la faune phytophage peut être très importante:

• La cécidomie (Geromyia penniseti) est une mouche qui pond dans les fleurs et provoque leur avortement.

• Les Borers des tiges. Le principal est Acigona ignifusalis qui fait des galeries dans les tiges.

• La mouche des pieds (Atherigona) : détruit les jeunes plantes.

• La chenille mineuse de la chandelle (Rhaguva albipunctella)

• On peut également signaler le défoliateur Amsacta moloneyi naguère connu comme ravageur du niébé et de l'arachide.

c/ les mauvaises herbes

Le mil peut être parasité par plusieurs espèces de phanérogames parasites appartenant au genre striga.

L'espèce Striga hermonthica semble être la plus répandue en Afrique.

Pour assurer l'objectif de sécurité et de régularité des rendements, la tolérance aux parasites sera l'une des caractéristiques essentielles des nouvelles structures à créer mais celles-ci pourront également être protégées autant que possible de tous ces dépradateurs par le biais de la lutte chimique.

Les méthodes de sélection

Les méthodes de sélection sont conditionnées par le processus de la fécondation.

Le mil est une plante allogame. Contrairement aux autogames dont les méthodes d'amélioration sont relativement simples et faisant appel seulement aux lois de Mendel, aboutissent à des lignées, l'amélioration des plantes allogames fait intervenir des notions souvent très complexes, concernant les particularités de la biologie florale et des théories mathématiques modernes de la génétique des populations.

Quant à nous, nous aborderons cette partie de la manière la plus simple, de façon à la rendre la plus perceptible possible mais la réalité est plus complexe.

Les méthodes de sélection des plantes allogames peuvent être sommairement rassemblées en deux groupes :

.../...

a) celles qui exploitent la notion d'hétérosis (vigueur hybride) et aboutissent à la création de variétés hybrides. C'est la méthode utilisée chez le maïs mais elle est applicable à certaines plantes autogames comme le sorgho et la tomate.

Les étapes de la sélection sont les suivantes :

- constitution de lignées plus ou moins homozygotes ;
- test des potentialités et des aptitudes à la combinaison de ces lignées par le biais des hybrides FI obtenues soit à partir d'un top-cross (croisement des lignées avec une même variété "testeur". Le testeur de préférence ne doit avoir aucune parenté avec les lignées à tester), ou à partir d'un diallèle (voir plus loin : cas des variétés synthétiques).
- choix des meilleures lignées et croisement deux à deux
- constitution d'hybrides doubles ou d'hybrides à 3 voies.

Au cours de la sélection, chaque étape fait l'objet d'un ou de plusieurs tests.

On appelle lignée, l'ensemble des individus obtenus à partir d'un croisement par un système de reproduction en consanguinité. Tous les individus de la famille sont homozygotes et identiques entre eux.

Si A, B, C, D sont des lignées, on appelle :

- hybride simple (FI) le produit du croisement $A \times B$ ou $C \times D$.
- hybride double, le produit du croisement $(A \times B) \times (C \times D)$
- hybride à 3 voies, le produit du croisement $(A \times B) \times C$.

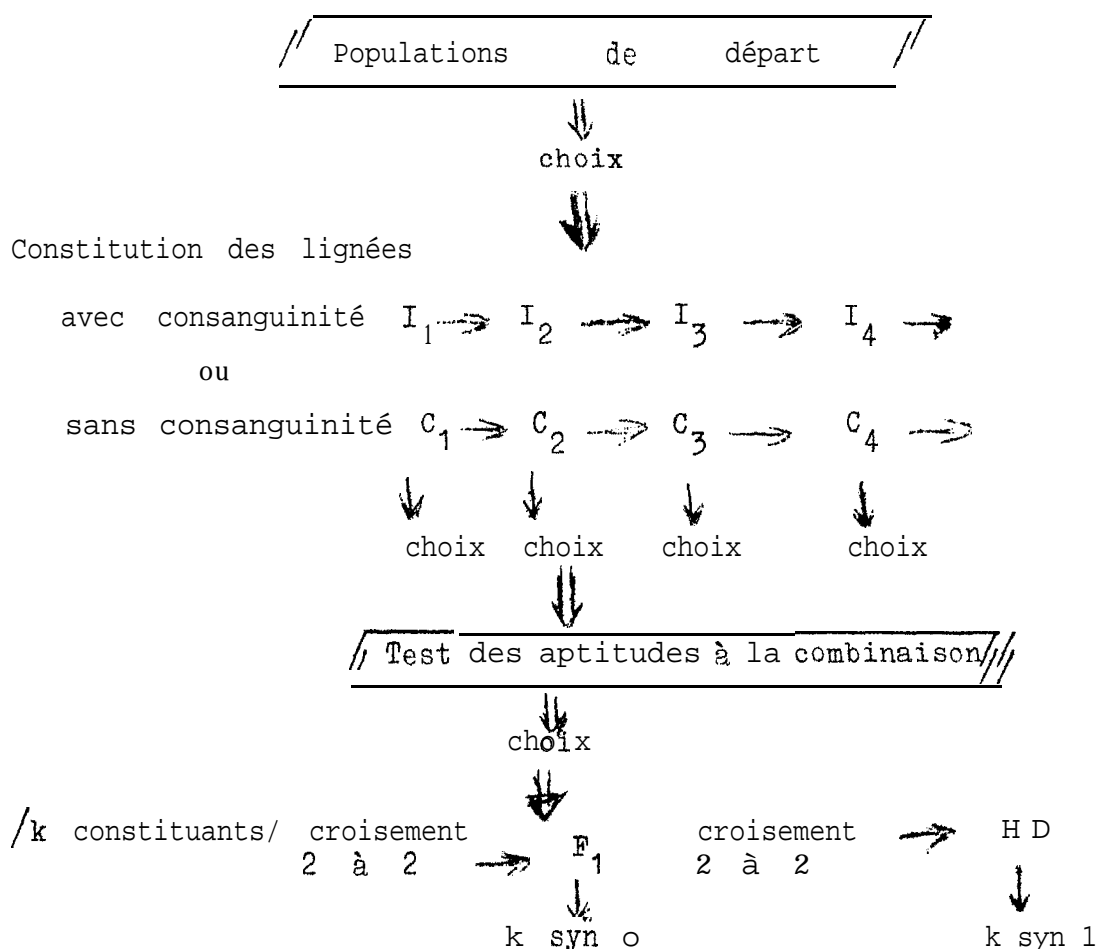
La stérilité mâle est largement exploitée dans les programmes de formules hybrides. Elle permet entre autres d'éviter la lourde tâche de castration des fleurs prises comme femelles des plantes hermaphrodites.

Dans le cas du mil, au Sénégal, la vulgarisation des variétés hybrides est un objectif à long terme, compte tenu de l'absence de structure de production et de distribution des semences aux paysans.

b) celles qui conduisent à l'obtention de variétés synthétiques : produits plus ou moins stables de l'interfécondation de plusieurs lignées. Ces produits sont ensuite homogénéisés pour les caractères agronomiques essentiels : rendement, précocité, résistance aux maladies.

C'est cette dernière méthode qui est actuellement utilisée chez le mil.

Les étapes de la sélection dans le cas des variétés synthétiques sont résumées dans l'organigramme suivant.



Organigramme de la constitution d'une variété synthétique

La genèse du mil GAM

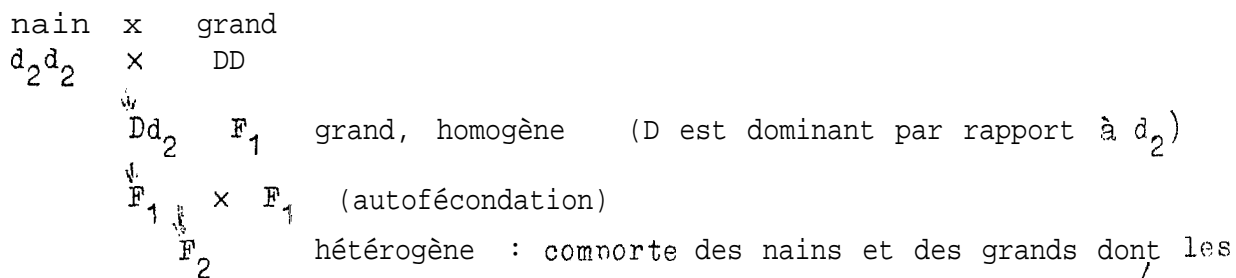
1/ - recherche d'une nouvelle architecture

Elle s'est faite par le transfert d'un système génique de nanisme des variétés de mils fourragers américains aux variétés africaines de grande taille.

Chez le mil, on connaît grâce aux travaux de Burton et Forston en 1966, 5 systèmes géniques de nanisme dénommés d_1, d_2, d_3, d_4 et d_5 .

Parmi eux, les systèmes d_1 et d_2 paraissent être les plus faciles à manipuler : ils sont oligogéniques et récessifs par rapport au gène D tandis que les autres sont polygéniques.

Le transfert du gène d_2 aux mils africains de grande taille s'est fait grâce à l'utilisation de la loi de Mendel.



proportions sont données par le tableau de ségrégation suivant :

Tableau de ségrégation des caractères

	D (1/2)	d ₂ (1/2)
D (1/2)	DD (1/4)	Dd ₂ (1/4)
d ₂ (1/2)	Dd ₂ (1/4)	d ₂ d ₂ (1/4)

4(3) = 12

On obtient 3 génotypes correspondant à 2 phénotypes seulement à cause de la dominance.

1/4 DD	homozygote	dominant	:	grand
1/2 Dd ₂	hétérozygote		:	grand
1/4 d ₂ d ₂	homozygote	récessif	:	nain

On appelle génotype, le patrimoine héréditaire d'un individu constitué par les gènes (disposés le long du chromosome) hérités de ses parents.

La **phénotype** est l'ensemble des caractères individuels découlant de l'expression de son génotype en fonction du milieu. Un même génotype peut avoir des comportements différents d'un milieu à un autre.

Comme il est indiqué dans l'organigramme précédent, les lignées entrant dans la constitution d'une variété synthétique peuvent être obtenues à partir d'un schéma de sélection avec consanguinité (sélection pedigree) ou d'un schéma sans consanguinité marquée (Sélection récurrente).

La sélection **prédigée** a été suivie pour la création du matériel CAM existant.

Elle consiste en une succession d'autofécondations à partir de la F₂ qui conduit à des F₃ et F₄.

A chaque génération, les plantes sont choisies en fonction des critères retenus dans les objectifs.

La parenté entre les lignées étant exclue dans la conception d'une variété synthétique, celles-ci devront provenir de croisements différents ; autrement dit elles devront avoir des origines génétiques différentes.

2/ Ces lignées sont croisées deux à deux selon le système du diallele schématisé dans le tableau suivant :

.../...

	1	2	3	4	...	n
1	1x1	1x2	1x3	1x4		
2	2x1	2x2				
3	3x1	3x2	3x3			
4	4x1	4x2		4x4		
...						
n						nxn

Remarquer que ce tableau comporte toutes les combinaisons possibles entre les lignées choisies : les croisements directs, les croisements réciproques et les autofécondations.

Les hybrides F_1 sont testés pour les caractères agronomiques intéressants. L'analyse statistique des résultats aboutit à des notions comme l'aptitude générale à la combinaison, l'aptitude spécifique à la combinaison et les variances qui leur sont liées, à la notion d'héritabilité des caractères mesurés.

Pour un caractère donné, on mesure l'aptitude générale à la combinaison d'un parent (lignée) à partir de la valeur moyenne des descendance lorsque ce parent est croisé avec plusieurs autres partenaires tous différents.

Au niveau de la descendance, l'aptitude spécifique à la combinaison est l'écart à la somme des aptitudes générales des parents croisés.

Alors que l'aptitude générale est relative au parent, l'aptitude spécifique est liée au produit d'un croisement.

Sur la base des variances d'aptitude à la combinaison, les meilleures lignées sont retenues et recombinaées deux à deux. Le bulk (mélange) en quantité égale des F_1 récoltées individuellement constitue la syn S_1 .

Les F_1 sont croisées deux à deux. Les hybrides doubles (DD) sont récoltées individuellement et mélangées à quantité égales. Ce mélange constitue la syn 1 qui est testé en hivernage.

La syn 1 est semée en parcelle isolée pour éviter toute contamination, La fécondation est cette fois libre (panmixie)

La récolte constitue la syn 2 , qui est testée comparativement aux syn 1 et syn 1 . Le processus de multiplication se poursuit jusqu'à l'obtention d'un rendement stable.

On passe à la Phase de pré vulgarisation par des tests au milieu paysan où sont appliqués les thèmes agronomiques définis. (Labour, formule d'engrais, etc.)

Les sociétés de développement (ex la SODEVA) sont les derniers saisis : ils se chargent de la vulgarisation des produits.

JL/NDL
I.S.R.A.
CNRA BAMBEY
SR/Soja

CNo 100444
Fo 11
CNRA

1979/28

1

PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS SUR SOJA
AU COURS DE L'HIVERNAGE 1978

M/12/79

0923 00

OND

SR/Soja

AMELIORATION VARIETALE

La sélection des lignées des séries 1973 et 1975 s'est poursuivie. En fin de campagne il a été retenu :

Série 1976	69 lignées 8 bulks
Série 1975	78 lignées 10 bulks

PREMIERS TESTS DE RENDEMENT

Sur les 43 lignées de la série 74 conservées en 1977 17 ont été retenues :

Lignées	Cycle (j) semis/ maturité	q/ha	Poids 100 graines (g)	Hauteur plante (cm)	Nombre gousses/ plante
17/74	99	34,00	16,0	74	109
20/74	106	34,14	16,9	87	122
14/74	106	32,34	16,0	89	139
35/74	103	33,80	18,1	77	100
178/74	110	31,25	16,0	61	93
188/74	99	36,34	20,4	61	92
215/74	110	31,67	13,3	96	91
216/74	109	32,21	16,0	72	122
257/74	110	25,18	15,6	70	113
308/74	105	27,97	20,6	El	86
342/74	99	33,63	16,7	72	94
363/74	99	32,01	16,2	81	117
368/74	95	31,20	16,8	90	112
1/74	105	28,54	17,9	72	70
15/74	110	30,51	15,9	88	100
101/74	107	28,36	15,7	85	73
379/74	110	30,97	16,9	35	53

Parmi les 8 meilleures variétés des séries 1972 et 1973 cinq ont été retenues pour confirmation de leur potentialité.

Variété	Année	Cycle (j)	q/ha	Poids de 100 graines (g)	Hauteur plante (cm)	Nombre de gousses/plante
44-A/73	1978	109	31,20	14,9	68	149
	1975-1978	106	29,02	-	66	-
3/73	1978	113	33,94	16,7	56	91
	1975-1978	104	28,72	-	59	-
26/72	1978	109	30,98	16,3	68	100
	1975-1978	102	27,90	-	68	-
41/73	1978	98	30,63	12,9	67	84
	1975-1978	96	27,05	-	59	-
25/72	1978	106	30,01	12,4	73	105
	1975-1978	100	26,53	-	62	-

TECHNIQUES CULTURALES

Trois niveaux d'intensification ont été testés dans un essai en semi-vraie grandeur à Séfa (parcelle de 1.200 m²).

Thème	Léger		Lourd		Motorisation	
	Riz	Maïs	Riz	Maïs	Riz	Maïs
Hauteur plante (cm)	37,7	38,8	44,5	47,2	53,9	55,2
Nbre gousses/plante	23,6	29,1	41,1	42,3	53,2	50,3
Ren'dement (q/ha)	15,43	21,52	23,11	23,30	23,45	30,23

- le labour, par une amélioration générale de la porosité, permet une meilleure exploitation du sol par le système racinaire du soja.
- Le labour augmente la hauteur des plantes de 8 à 16 cm.
- Le labour aux boeufs se traduit par une plus-value du nombre de gousses de 45 à 75 %, la motorisation 73 à 125 % par rapport au travail superficiel du sol.
- Le labour permet d'augmenter les rendements de 8 à 15 q/ha.