

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

1981(11)
SECRETARIAT D'ETAT
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

CIN0100658
F610
D10

EVALUATION DES RECHERCHES
EFFECTUEES SUR LE WIL
EN PHYSIOLOGIE VEGETALE AU CNRA
DE BAMBEY
par
T. Diouf

Février 1981

Centre National de Recherches Agronomiques
de BAMBEY

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

--- S O M M A I R E ---

	Pages
INTRODUCTION	1
I - <u>CROISSANCE DES MILS SANIO</u>	1
1.1 - Feuillaison et tallage	1
1.2 - Montaison	2
1.3 - Epiaison	2
1.4 - Floraison	2
1.5 - Fructification	3
1.6 - Maturation	3
II - <u>NUTRITION MINERALE</u>	
2.1 - Absorption et Exportation des éléments minéraux	4
III - <u>PHYSIOLOGIE DE LA RESISTANCE A LA SECHERESSE</u>	7
3.1 - Résultats	7
3.2 - Campagne 1979	7
321 - Matériel et méthodes	7
3211 - Choix des microéléments	8
322 - Approche de la résistance à la sécheresse	8
323 - Effet du traitement de trempe sur la structure du rendement.	8
324 - Rendement	9
3.3 - Campagne 1980	11
331 - Matériel et méthodes	11
332 - Surface foliaire	11
333 - Mouvement de l'eau	13
334 - Rendement	13
3.4 - Conclusions générales	20
3.5 - Perspectives.	

INTRODUCTION

L'économie du Sénégal repose essentiellement sur l'agriculture,

La production agricole représente la principale source d'existence de la majorité de la population active et du revenu national. L'autosuffisance alimentaire étant l'objectif principal du plan de développement rural, la recherche agricole pour atteindre ce but, s'est fixée pour tâche d'augmenter la productivité des produits agricoles: notamment celle des céréales.

Le potentiel de production d'une espèce végétale est conditionnée, en premier lieu par ses caractères génétiques qu'il importe de connaître et d'améliorer ; mais les possibilités intrinsèques de production de la plante ne pourront être pleinement assurées que dans la mesure, où seront garanties au végétal toutes les conditions optimales de sa croissance.

L'air et ses constituants, la lumière et sa radiation, l'énergie solaire, l'eau et les éléments minéraux devront être fournis au végétal à la mesure de ses exigences que déterminent précisément ses caractéristiques génétiques, physiologiques et morphologiques,

Cette interdépendance des facteurs, leur nature souvent biologique et leur difficile contrôle en milieu naturel confèrent aux recherches agronomiques une complexité particulière et rendent toute amélioration étroitement dépendante d'une connaissance préalable suffisante de l'ensemble des facteurs à améliorer.

Dans cette optique des recherches ont été menées au Centre National de Recherches Agronomiques de Bambey et malgré les difficultés techniques, les résultats obtenus présentent un grand intérêt scientifique.

I. - CROISSANCE DES MILS SANIO

Le mil est une céréale dont les caractéristiques physiologiques générales sont encore mal connues alors que l'extension de cette culture en Afrique et aux Indes est importante,

Une première approche a été faite par Vidal (1963).

Sur la base de; données biométriques, cet auteur a pu caractériser les principales phases de développement des mils qui sont :

- a/ - feuillaison, tallage.
- b/ - montaison
- c/ - épisaison
- d/ 6 floraison
- e/ - fructification
- f/ - maturation.

11. - Feuillaison et tallage

Cette phase couvre sensiblement les deux premiers mois du cycle et se caractérise par la prédominance du développement de l'appareil foliaire qui représente 50 p. 100 de la substance humide de la plante et 55 p. 100 de la substance sèche. L'importance relative des feuilles décroît légèrement à partir du 25ème jour alors que celle des tiges et des racines s'accroît sensiblement,

Le tallage débute très tôt et le nombre définitif de talles (tableau 1) est atteint vers 60 jours. A ce stade, la plante se présente en touffe feuillue compacte, d'où émergent l'extrémité de la tige principale et de quelques tiges secondaires.

12. - Montaison

Elle se situe entre 60 et 90 jours et se caractérise par un allongement internodal considérable des tiges et par l'apparition des dernières feuilles.

La tige, qui représente 43 p. 100 de la substance humide à 60 jours, en représente 62 p. 100 au stade fin montaison ; la représentation relative des racines s'accroît très légèrement tandis que celle des feuilles diminue et passe de 47 à 26,5 p. 100.

Par rapport à la substance sèche totale, la tige passe de 35 à 56 p. 100 durant cette période tandis que s'enregistre une variation inverse des feuilles (55 à 32 p. 100).

Cette phase se termine par l'apparition de l'épi à l'extrémité de la tige au niveau de la dernière gaine.

13. - Epiaison

Le développement de l'épi débute à l'intérieur de la tige au cours de la montaison, mais ce n'est qu'après l'allongement internodal de la tige que la croissance de l'épi devient active.

Elle se situe entre 92 et 108 jours et durant cette phase l'épi apparaît à l'extrémité de la dernière gaine et acquiert son format définitif.

A partir de la levée chez les cycles courts le cycle de l'épiaison a lieu :

P.S. 60 jours	- au 35 ^{ème} jour à partir de la levée
P.S. 75 jours	- au 37 ^{ème} jour
P.S. 90 jours	- au 40 ^{ème} jour
Souma III	- au 46 ^{ème} jour

Dès l'apparition de l'épi le nombre définitif de feuilles est atteint

Durant cette phase végétative, par rapport à la substance humide totale, les racines ont une représentation relative qui passe de 11,3 à 6,9 p. 100, celle des tiges s'accroît très peu, 62,2 à 63,8 p. 100, celle des feuilles passe de 26,5 à 16 p. 100 tandis que l'épi représente déjà 15 p. 100 du total avec 4,4 p. 100 pour le rachis et 8,9 p. 100 pour les organes floraux,

14. - Floraison

Cette phase a fait l'objet d'une étude détaillée sur la biologie florale du mil faite par (Borrioles, 1950).

Dès la complète apparition de l'épi se montrent, du sommet à la base, d'abord les stigmates puis les étamines, la complète floraison de l'épi étant réalisée au stade 108 jours.

La sortie des stigmates s'étale sur 4 jours. Celle des étamines a un retard de 4 jours sur les stigmates.

L'anthèse a lieu 24 heures après la sortie. Le mil est nettement protogyne.

Les fleurs du quart supérieur de l'épi ne peuvent guère être pollinisées que par le pollen des fleurs de l'extrémité ou d'un autre épi. Les fleurs des trois quarts inférieurs de l'épi peuvent être pollinisées par celles qui sont situées au-dessus, mais elles peuvent l'être également par un pollen étranger.

Corrioles (1950) constate que l'anthèse a lieu entre la levée du jour et 10 h au plus tard, mais le pollen reste en suspension longtemps dans l'air par temps calme. Toujours selon l'auteur les stigmates sont réceptifs à partir de 7 h 30 environ et peuvent le rester assez tard dans la journée. Nos observations montrent un décalage de : 8 à 10 jours entre l'épiaison et la floraison femelle. 3 à 5 jours entre la floraison femelle et rc51.e.

15 - Fructification

Sous ce terme Vidai (1963) regroupe l'ensemble des phénomènes post-floraux comprenant le développement de l'ovaire, *a nouaison, et la formation des graines.

Bien qu'étalée, cette phase peut être située entre 108 et 124 jours et conduit les grains à son stade de développement avancé mais de consistance encore laiteuse, DU plus ou moins pâteuse. A partir de la floraison, on note l'arrêt du développement des organes végétatifs au profit exclusif de l'épi.

Les représentations relatives de la tige et des feuilles passent respectivement de 63,8 p. 100 à 57,1 et 13,6 p. 100, tandis que celles des épis va de 13,3 à 21,7 p. 100 de la substance humide totale, dont 18,1 p. 100 sont représentés par les organes floraux et les jeunes grains. Par rapport à la substance sèche, l'épi représente 30,2 p. 100 tandis que les feuilles ne représentent que 16,8 p. 100 et les tiges 47,3 p. 100.

16 - Maturation

Cette dernière phase conduit les grains du stade laiteux au stade durci et physiologiquement mûrs. Durant cette période, qui va de 124 à 150 j., par rapport à la substance humide totale seule la tige accroît légèrement sa représentation, tandis que restent stationnaires celles des racines et des épis et qu'elle diminue encore celle des feuilles. De l'épiaison à la récolte il faut compter en moyenne 30 jours.

Il en est sensiblement de même pour la substance sèche, si ce n'est que l'on note une élévation de la représentation de l'épi tandis que celles de la tige et des racines restent stationnaires et que se réduit celle des feuilles.

L'épi représente 33,1 p. 100 de la substance sèche totale dont 3,5 p. 100 pour le rachis, 6,7 p. 100 pour les organes floraux et 22,9 p. 100 pour les grains.

II - NUTRITION MINÉRALE

La théorie de la nutrition minérale des plantes a commencé à se développer à la première moitié du 19ème siècle et jusqu'à ce jour elle reste parmi les théories les plus actuelles. Cela s'explique par la complexité du processus de nutrition de l'organisme végétal, et le grand intérêt que lui donnent les chercheurs comme moyen : l'aide duquel on peut agir sur la plante, sur ses propriétés et sa productivité.

Le mécanisme de l'absorption des ions du sol par les racines reste le plus complexe dans la théorie de la nutrition minérale du fait de la diversité des conceptions de différents auteurs.

Le sol contient tous les éléments indispensables, mais leur accessibilité dépend des particularités biologiques de chaque plante. Sous l'action des facteurs climatiques, les plantes, les micro-organismes du sol s'enrichissent des différentes formes de substance minérales.

L'augmentation de la fertilité s'obtient grâce à l'action de l'homme par l'apport d'engrais, la mécanisation, l'irrigation et d'autres techniques.

Les plantes ont besoin de macroéléments azoté, azote, phosphore, potassium, calcium, soufre, magnésium, fer et de microéléments manganèse, bore, cuivre, zinc, molybdène, cobalte, iode et du fluor. Les différentes plantes ont des exigences différentes en éléments minéraux et réagissent en conséquence différemment selon les conditions des facteurs du milieu.

Cil a une assez bonne connaissance des exportations de cette culture et des mobilisations au cours du cycle, avec notamment les travaux de Vidal qui a étudié d'une façon très détaillée la cinétique d'absorption et de distribution des éléments minéraux chez le mil.

Dans ce chapitre seront donnés les quantités d'éléments minéraux absorbés par la plante aux différents stades et exportés par la récolte. Cet acquis a retenu notre attention et à notre avis il présente un grand intérêt agronomique.

21. Absorption et exportation des éléments minéraux

- Azote - absorption: Au stade récolte, on enregistre 68,6 kg/ha d'N pour l'ensemble de la touffe.

Par quintal de matière sèche produite la touffe a mobilisé 0,77 kg d'azote.

Par quintal de grain récolté la touffe a absorbé 4,30 kg d'N.

- Exportation d'azote par le rendement: Sur la base d'un taux d'utilisation de 4 kg d'N par quintal de grain, le mil aura besoin de 40 kg d'N pour assurer une production de 1.000 kg de grain.

La quantité d'N mobilisé par la touffe croît régulièrement jusqu'à la floraison (108 jours), on observe un palier pendant la fructification jusqu'au stade laitieux et une forte absorption par la suite. /

Au stade épiaison, la touffe a absorbé 30 kg d'N, soit 50 p. 100 environ du total. On note également des pertes par lessivage d'N minéral allant de 20 à 30 kg/ha.

- P₂O₅ - absorption: Au stade récolte, on enregistre 31,3 kg/ha pour la touffe.

Par quintal de matière sèche produite, la touffe a mobilisé 0,35 kg. Par quintal de grain récolté la touffe a absorbé 1,98 kg.

- Exportation par les rendements: Par quintal de grain récolté, une récolte de 1.000 kg de mil. grain exporterait 18,5 kg de P₂O₅.

L'absorption de P₂O₅ par la touffe est surtout importante de la montaison à la floraison où elle atteint 24 kg/ha. On enregistre une perte de P₂O₅ de la floraison au stade laitieux, cette perte se retrouve dans les talles seulement, puis une reprise de l'absorption essentiellement limitée à la tige principale. /

L'évolution de la teneur en éléments minéraux des différents organes a montré que la répartition des éléments varie suivant le stade physiologique de la plante et la nature de l'élément. Dans la tige principale durant le développement végétatif de la plante et jusqu'à l'épiaison, l'azote, le phosphore, le potassium et le calcium ont tendance à s'accumuler dans les feuilles tandis que le magnésium s'accumulerait dans les tiges et le soufre dans les racines,

Du l'apparition de l'épi au stade laiteux, N, P. et K. s'accumulent fortement dans l'épi, mais tandis que N et P s'accumulent dans les grains, K s'accumule dans le rachis et les organes floraux. Ces accumulations résultent d'un appauvrissement parallèle des feuilles et de la tige, particulièrement marqué dans les feuilles pour P et K. Durant cette période, S se répartit comme la matière sèche tandis que Ca et Mg s'accumulent dans les feuilles, le phénomène étant toutefois plus marqué pour Ca que pour Mg.

Du stade laiteux à la récolte, les accumulations se poursuivent ; N dans les grains, P, dans le rachis et les organes floraux, P, S, Ca et Mg essentiellement dans la tige. Dans les talles, les mêmes phénomènes d'accumulation se retrouvent mais se différencient à partir du stade laiteux et jusqu'à la récolte. Durant cette période, l'accroissement de la représentation de la matière sèche des feuilles entraîne une accumulation de N et K ; Ca dans les feuilles ; aux dépens de l'épi pour N et K, de la tige pour Ca, tandis que l'accumulation de S se poursuit dans la tige.

Les résultats de l'analyse chimique de la plante montrent que si les besoins hydriques sont satisfaits, l'absorption de l'azote conditionne la croissance du mil au long de son cycle végétatif.

A chaque stade végétatif l'azote conditionne en premier lieu la croissance de l'organe, dont la prédominance du développement caractérise le stade. Si dans la touffe plusieurs phases physiologiques se superposent à un moment donné, c'est la partie du végétal qui présente la phase de développement la plus intense qui satisfait en priorité ses besoins nutritionnels.

La croissance de la plante et de chacun de ses organes, au cours des différents stades conditionne à son tour l'absorption des éléments nutritifs dans des proportions relatives correspondant aux besoins de l'organe bénéficiaire défini par sa composition anionique spécifique.

L'absorption de K est également conditionnée par la croissance du végétal, mais la possibilité d'une très forte intensité d'absorption en début de cycle et de migrations ultérieures permet à la plante d'acquiescer très vite les quantités de potassium qui seront nécessaires au développement de ses futurs organes.

L'absorption de Ca et Mg est liée à la croissance mais aussi à l'absorption du K, un déficit de la nutrition potassique entraînant une absorption accrue d'alcalino-terreux.

Les phénomènes de migration des éléments N, P, S et K des organes végétatifs vers l'épi sont conditionnés par la qualité de la nutrition de la plante en ces éléments et par l'importance du développement de l'épi et des gains.

La composition moyenne de l'ensemble des feuilles ne peut dans ces conditions fournir aucune indication valable de l'état nutritionnel de la plante à un stade de développement donné, seuls les organes en cours de croissance peuvent fournir une telle indication.

SO₄

Absorption : Au stade récolte la touffe renferme 25,8 kg/ha.

Par quintal de matière sèche produite, la touffe utilise 0,29 kg de SO₄

Par quintal de grain produit la touffe a absorbé 1,62 kg de SO₄

Exportation : La production de 1.000 kg de mil exporterait 15 kg/ha de SO₄. On note une perte de SO₄ au cours du stade post-floraison et une faible absorption en fin de cycle.

K₂O

Absorption : Au stade récolte, la touffe renferme 37,7 kg/ha. Par quintal de matière sèche produite, la touffe a absorbé 0,42 kg. Par quintal de grain produit la touffe a mobilisé 2,37 kg/ha. Contrairement aux éléments, NPS, la potasse serait relativement bien utilisée par le mil.

Exportations : Une production de 1.000 kg de grain récolté exporterait 21 kg de K₂O.

L'absorption de K₂O par la touffe est régulière jusqu'au stade grain laiteux et décroît par la suite.

Elle est plus importante en début de cycle que vers la fin sur 37 kg la touffe a absorbé 25 kg dès la fin montaison. L'absorption de K₂O évolua de façon analogue dans la tige principale et dans les talles jusqu'au stade grain laiteux, par la suite l'absorption par la tige principale se poursuit aux dépens des talles.

CaO

Absorption : En fin de cycle, les quantités de CaO absorbées s'élèvent à 40,4 kg pour la touffe. Par quintal de matière sèche produite la touffe a absorbé 0,49 kg. Par quintal de grain produit la touffe a mobilisé 2,54 kg.

Exportations : Une production de 1.000 kg de mil grain exporterait 25 kg de CaO.

MgO

Absorption : Au stade récolte, la touffe a absorbé 62 kg. Par quintal de matière sèche produite la touffe a utilisé 0,70 kg.

Par quintal de grain récolté, la touffe a absorbé 3,90 kg.

Exportations : La production de 1.000 kg de mil exporterait 37,8 kg/ha de MgO.

L'absorption de MgO est pratiquement nulle de 108 à 124 jours, elle est forte de la montaison à la floraison (25 kg/ha) et plus forte encore en fin de cycle : 27 kg du stade laiteux à la récolte.

Le rapport paille/grain élevé paraît être la cause de cette mauvaise répartition des éléments minéraux. Les éléments anioniques sont absorbés quantitativement dans l'ordre décroissant NPS ; tandis que les éléments cationiques le sont dans l'ordre Mg, Ca, IL En résumé pour une production de 1.000 kg de grain la plante exporterait :

43 d'N	16,2 kg de SO ₄	25,4 kg de CaO
19,8 kg de P ₂ O ₅	23,7 kg de K ₂ O	30,0 kg de MgO

Après avoir examiné les caractéristiques générales de la croissance et de la nutrition minérale des mils, l'auteur a cherché leur confirmation par la méthode du diagnostic foliaire.

Les résultats obtenus ont montré que la deuxième feuille sous épi prélevée au stade floraison reflète au mieux par son développement et sa composition minérale, le développement et la nutrition de l'ensemble de la plante et de l'épi en formation.

III - PHYSIOLOGIE DE LA RESISTANCE A LA SECHERESSE

L'objectif des différentes disciplines du programme défini en 1976 est l'augmentation de la productivité des mils, dans le cadre d'un système d'agriculture intensive, en tenant compte de la notion de sécurité et de régularité des rendements. Sur la base des études fréquentielles des pluies, et la définition d'un seuil de succès de la culture du mil en fonction des zones, trois types de cycles seraient à envisager.

Cycle de 75 jours :

Les variétés de ce cycle seraient destinées à la zone comprise entre la ligne Louga - Matam au Nord et Bambey - Diourbel au Sud.

Cycle de 90 jours :

Il intéresserait les structures à créer pour la zone Centre-Sud à savoir entre Bambey - Diourbel au Nord, Fatick, Kaolack - Koumpentoum au Sud.

Cycle de 60 jours :

Il semblerait indiqué pour la zone au Nord de la ligne Louga-Matam.

D'après cette zonation, le raccourcissement du cycle pour les régions Nord et Centre-Nord semble indiqué.

Du point de vue physiologique, l'objectif visé est de trouver des caractéristiques physiologiques et biochimiques liées à la productivité, devant servir de bases génétiques pour les sélectionneurs.

31 - Résultats

En 1979 un premier essai de synthèse sur les recherches effectuées en physiologie du mil a été fait et des perspectives ont été dégagées sur l'ensemble des sujets abordés.

Sur la base de ces perspectives, des actions de recherches ont été menées.

Les données exposées ici découlent des travaux de laboratoire et de deux campagnes 1979 et 1980.

32 - Campagne 1979

321 - Matériel et méthodes

Le matériel utilisé pour les tests de germination comportait le Souma 3,3/4 Souma SR, 3/4 HK SR, S/4 Ex-Bornu, RC 90-2, RC 80-1 4 synthé. 752 M, RC 70-1, 6 synt. 60-3, 4 synt. 60-2 cultivés dans des boîtes de pétri avec des solutions ut: saccharose à pression osmotique croissante (10 et 15

atmosphères). D'après Dotzenko et Hans (1960), la force de succion développée par les germes est un caractère héréditaire. Un essai a été conduit en champ avec le matériel suivant : Souna III, DN 42, Synt. Marchais.

Dans le but d'aider les plantes à traverser des périodes de stress hydrique sans une perte importante de rendement il a été préconisé une méthode appelée le traitement de trempe dont le principe consiste à initier les jeunes germes à la deshydratation après inhibition dans des solutions de micro-éléments à 0,02 % de bore et 0,05 % de zinc en les séchant en suite au soleil jusqu'au poids initial.

3211 - Choix des micro-éléments

Le bore paraît jouer un rôle important sur la germination et l'élongation du tube pollinique en activant l'absorption des sucres et leur métabolisme, l'entrée de l'oxygène et la synthèse du matériel pectique des membranes en rapide élongation (champagnat et al. 1969).

Le zinc entre dans la composition de l'anhydrase carbonique, quelques phosphatases et ferments.

Il augmente la résistance à la chaleur et à la sécheresse (Grodzinski et al. 1973).

Les données climatologiques de la zone de Bambey de juin à fin septembre sont en moyenne de :
température 28.0, humidité relative de l'air 74,5 %, pluviométrie utile 486mm.

322 - Approche de la résistance à la sécheresse

Les tests de germination dans des solutions hypertoniques ont permis de faire une classification des différentes populations de mils.

Il ressort de cette étude que les cycles longs sont plus résistants à la sécheresse.

323 - Effet du traitement de trempe sur la structure du rendement

Tableau n° 1

Populations	Traitement	Hauteur tallos cm	Longueur épis cm	Diamètre épis cm	Poids 1000 graines
Souna I I I	Témoin	212 + 4	48,8 + 1,4	2,10 + 0,1	7,4
	Bore	206,2 + 4,7	49,0 + 2,7	2,37 + 0,1	7,5
	Zinc	211,1 + 7,3	52,3 + 2,1	2,30 + 0,0	8,2
DN 4%	Témoin	129,9 + 4,5	19,5 + 0,2	1,85 + 0,0	6,4
	Bore	137,6 + 3,3	20,8 + 0,4	1,88 + 0,1	6,5
	Zinc	155 + 18,6	23,3 + 2,5	2,10 + 0,2	6,5
Synt. Marchais	Témoin	110,5 + 1,65	30,6 + 0,42	1,65 + 0,32	6,7
	Bore	112,8 + 0,23	32,1 + 1,15	1,68 + 0,02	7,1
	Zinc	105,6 + 3,88	29,1 + 0,93	1,65 + 0,02	7,3

Comme le montre le tableau n° 1 le traitement de trempé a pour effet d'allonger ou de raccourcir la hauteur des tallos. Dans tous les cas, l'effet positif se traduit par un allongement de l'épi (Souma III, DN 42, Synt. Marchais). L'allongement de l'épi s'accompagne par une augmentation de son diamètre. Le déficit hydrique diminue le tallage, limite la croissance et la productivité des plantes.

Cette action du traitement de trempé revêt un caractère spécifique. D'après Genkel (1937), Levitt (1956) etc... le traitement de trempé augmente la viscosité et l'élasticité du cytoplasme, paramètres déterminants de la résistance à la sécheresse.

L'un des éléments importants du rendement est le poids de 1000 graines déterminant la grosseur et le remplissage du grain.

Il existe une étroite relation entre le poids absolu du grain et le rendement.

Un déficit hydrique dans le sol, une haute température et une humidité relative de l'air très basse peuvent entraver la croissance de la matière sèche du grain à n'importe quel moment de sa formation, ce qui conduirait à une diminution du poids absolu du grain et du rendement.

Au tableau n° 1 on observe quelque fois une liaison entre l'allongement de l'épi, son diamètre et le poids de 1000 graines. Les épis relativement longs ont le poids de 1000 graines légèrement plus élevé. Ce qui explique le meilleur remplissage des graines.

Les populations Souma III, DN 42 et Synt. Marchais avec le bore et le zinc présentent une légère augmentation de leur poids de 1000 graines par rapport au témoin.

On peut supposer que les conditions défavorables de juillet août ont pour effet d'accélérer le mouvement des substances nutritives en raccourcissant significativement la période d'accumulation des photosynthates dans le grain et sa maturation.

324 - Rendement

Tous les paramètres cités un peu plus haut ont contribué à l'élaboration du rendement.

Les données du rendement sont exposées dans le tableau n° 2. Malgré la pluviométrie utile de 486 mm, mais très mal répartie, le rendement des mils a été très catastrophique. A cela il faut aussi ajouter la dormance des semences, l'état du terrain très argileux et enfin les maladies et la verse.

En fonction des populations et des traitements on note une augmentation du rendement sous l'action du bore ou du zinc (DN 42 + Bore, Souma III + Zinc) tableau n° 2.

Tableau n° 2 : Effet du traitement de trempe sur le rendement

Populations	Traitement	Rendement kg/ha
Souma III	Témoin	904,84
	+ Bore	859,38
	+ Zinc	1002,37
DN 42	Témoin	1069,94
	+ Bore	1590,92
	+ Zinc	1072,75
Synt. de archais	Témoin	352,7
	+ Bore	355,5
	+ Zinc	313,9

33 - Campagne 1980

331 - Matériel et méthodes

Le matériel végétal utilisé comportait 10 populations :

- | | |
|-----------------|------------------|
| 1. Souna III | 6. RC 80-1 |
| 2. 3/4 Souna SR | 7. 4 Synt. 75 20 |
| 3. 3/4 HK SR | 8. RC 75-1 |
| 4. 3/4 Ex-Bornu | 9. 7 Synt. 60-3 |
| 5. RC 90-2 | 10. 4 Synt. 60-2 |

Avant le semis les populations ont été trempées dans de l'acide borique et le sulfate de zinc à 0,1 % et séchées au soleil.

Les données climatiques de la campagne de juin à octobre sont en moyenne pour les trois localités d'expérimentation.

Tableau n° 3

Localité	Pluie en mm	Température moyenne	Humidité relative de l'air	Insolation moyenne h/j	Evaporation eau libre bac. mm
Louga	273,5	28	64	3,6	7,39
Gambouy	389	29	74	3	7,59
Nioro	424	29,30	-	7,6	5,13

332 - Surface foliaire

La feuille peut être considérée comme un laboratoire de fabrication et de transformation des produits destinés à l'élaboration du rendement. En fonction de leur rang, âge et du stade de développement de la plante les feuilles ont une activité différente.

Elles se distinguent entre elles par des caractéristiques morphologiques, physiologiques, biochimiques et dans la fourniture aux grains en substances plastiques.

Généralement les feuilles supérieures sont mieux éclairées et en conséquence absorbent beaucoup plus de radiation photosynthétique active que les feuilles des étages inférieurs. Leur activité photosynthétique est plus intense et leurs exigences en eau plus importantes pour assurer leur travail.

Elles possèdent une force de succion très développée ce qui leur permet de soutirer de l'eau des feuilles du bas. Un déficit hydrique en conséquence peut limiter le développement de la feuille et partant sa surface assimilatrice.

Toutes ces considérations nous ont conduit à choisir les deux premières feuilles sous-épis prélevées au Stade floraison.

Les données du tableau n° 4 montrent que la faculté de la plante de développer sa surface foliaire en conditions de stress hydrique est un caractère d'adaptabilité aux conditions de PHAR et d'économie des substances nutritives à la respiration.

En effet le Souna III a une surface foliaire beaucoup plus développée que les autres populations (1ère feuille sous-épi). Pour la 2ème feuille également excepté le 3/4 HK SR. Ceci en partie explique la plasticité du Souna III à travers le Sénégal grâce à un pouvoir photosynthétique très élevé assurant ainsi les migrations des photosynthats des parties Végétatives vers les grains.

On observe une liaison directe entre l'indice foliaire et le rendement du Souna III"

Un fait important est également à noter. Il se dégage une tendance entre les cycles relativement longs et les cycles courts. Les cycles longs ont une surface foliaire beaucoup plus développée que les cycles courts. Les données de l'indice foliaire reflètent bien les données de rendement surtout celles de la 2ème feuille sous-épi.

Effet de la sécheresse sur l'indice foliaire des différentes populations de mil, stade floraison.

Tableau n° 4

Populations	Surface foliaire cm ²	
	Première feuille sous-épi	Deuxième feuille sous-épi
	a.	
Souna III	253,45	256,41
3/4 Souna	176,34	240,31
3/4 HK SR	207,40	258,14
3/4 HK-Bornu	194,64	228,04
RC 90-2	190,75	224,51
RC 80	204,44	227,22
4 Synt 75 2H	123,59	211,54
RC 70	116,08	198,0
7 Synt 60-3	108,42	177,23
4 Synt 60-2	128,94	203,89

S'il y a quelques irrégularités entre l'indice foliaire et le rendement dans certains cas ceci est dû tout simplement aux attaques de maladies ut aux vols de rendements pendant la récolte.

La surface foliaire notamment celle de la deuxième feuille sous-épi peut servir de paramètre de résistance et de productivité de la plante.

Campagne 80 Bamboey

Mouvement de l'eau

Tableau n° 5

Populations		Montaison		Epiaison		Floraison		Stade laitoux	
		Eau-libre	Eau-liée	Eau-libre	Eau-liée	Eau-libre	Eau-liée	Eau-libre	Eau-liée
Gonna III	T	47,91	34,86	44,52	30,39	36,40	33,48	36,44	35,38
	B	36,25	48,90	31,26	44,34	42,29	30,03	32,86	40,46
	Zn	54,07	30,71	22,30	52,39	51,06	20,58	35,07	32,38
3/4 Gonna	T	54,90	29,44	37,08	39,37	39,77	34,56	43,86	29,75
	B	71,53	14,41	37,41	41,65	46,31	22,94	32,82	41,01
	Zn	70,06	15,93	37,12	35,83	44,66	29,17	34,90	36,87
3/4 HK	T	58,18	24,07	30,54	41,60	45,27	30,56	35,46	37,07
	B	61,48	19,08	31,75	43,58	47,84	27,46	38,70	34,75
	Zn	59,88	24,20	32,73	41,11	39,07	32,48	41,26	31,77
3/4 Ix-Bornu	T	61,72	21,72	41,19	33,62	42,83	34,20	44,25	26,62
	B	59,14	25,21	31,47	46,09	36,54	43,07	40,32	33,37
	Zn	60,76	22,56	30,40	47,19	47,73	23,21	42,60	29,90
IC 90	T	63,15	21,69	20,24	54,67	40,18	32,22	39,09	33,53
	B	60,76	21,21	35,88	41,49	38,89	31,70	36,25	38,41
	Zn	55,45	27,57	31,53	43,76	45,35	27,22	35,07	39,93
IC 80	T	66,42	18,95	37,18	40,39	41,06	30,46	33,75	31,22
	B	58,77	24,19	21,25	50,81	42,45	26,18	33,06	36,03
	Zn	60,81	22,24	25,85	51,29	42,08	28,06	32,69	40,07
4 Synt. 75 2H	T	60,02	22,26	23,38	45,39	45,87	14,61	35,97	36,97
	B	55,40	26,79	34,47	41,93	35,92	45,92	38,61	34,13
	Zn	63,95	21,63	31,40	41,78	42,46	28,07	43,51	28,75

Campagne 80 Bambe

Suite mouvement de l'eau

Suite tableau n° 5

Populations		Montaison		Epiaison		Floraison		Stade laitoux	
		Eau-libre	Eau-liée	Eau-libre	Eau-liée	Eau-libre	Eau-liée	Eau-libre	Eau-liée
NO 70-1	T	59,25	15,91	28,23	45,49	44,60	23,51	31,46	40,32
	B	66,22	13,55	34,51	40,61	36,03	35,85	27,00	46,00
	Zn	66,70	19,27	35,60	39,26	36,25	28,90	32,63	39,04
7 Synt 60-3	T	59,31	24,90	23,30	45,65	38,46	30,22	25,64	45,87
	B	75,49	7,84	10,92	61,41	26,03	42,31	31,61	40,43
	Zn	65,06	17,05	13,49	50,60	38,51	32,52	30,42	39,71
4 Synt 60-2	T	67,46	16,65	22,28	49,86	29,44	45,79	26,14	45,10
	B	65,89	18,77	11,89	65,19	28,18	46,48	20,69	43,19
	Zn	53,13	28,48	16,18	59,23	32,79	39,04	24,71	43,69

333 - Mouvement de l'eau

La résistance à la sécheresse pourrait être définie comme la faculté de la plante de gérer son eau économiquement.

Le pourcentage en eau dans les plantes détermine l'orientation et l'intensité de tous les processus physiologiques et biochimiques ainsi que l'action des ferments, l'intensité de la photosynthèse, de la respiration et des processus de croissance.

La teneur en eau des feuilles est l'un des paramètres les plus importants du régime hydrique de la plante. Car elle sert de source d'hydrogène au cours du processus de la photosynthèse et de catalyseur des transformations oxydoréductrices de plusieurs composés pendant la respiration et la fermentation. Il nous a été donné de déterminer les fractions de l'eau en eau liée et eau libre tableau n° 5.

Il ressort de l'analyse que la résistance à la sécheresse est un caractère dynamique.

En effet le pourcentage de l'eau est plus important en montaison et plus bas au stade laitieux.

Cette variation de la teneur en eau cependant pour chaque population est différent et se situe au niveau des deux fractions d'eau.

Si nous prenons le Souma III comme témoin on constate que le rapport eau liée/eau libre est plus équilibré que chez les autres populations.

Chez les autres populations notamment les cycles courts l'eau libre est très importante au stade montaison. Ceci nous incite à dire que leurs besoins en eau en début de cycle sont très importants.

En épiaison l'eau liée a tendance à augmenter. En floraison l'eau libre semble prédominer. Au stade laitieux le rapport eau liée/eau libre pour l'ensemble des populations tend vers l'équilibre.

On peut supposer qu'entre les deux fractions il y a une liaison étroite ce qui permet le passage d'une forme d'eau à une autre. Cette variation des deux formes d'eau au cours de l'ontogénèse est un mode de gestion et d'adaptation propre à chaque population selon ses besoins pour chaque phase de développement et les conditions auxquelles cette phase est soumise.

Ainsi la résistance à la sécheresse peut être définie comme un caractère dynamique qui naît et se développe au cours du processus d'évolution de la plante dans le milieu écologique.

334 - Rendement

Nioro

L'efficacité du traitement de trempe avec le bore est très significative avec la population RC 90 (tableau n° 6).

En valeur absolue avec le zinc et le bore on note une augmentation de rendement chez les populations 3/4 HK SR, 4 Synt. 75 21 et la RC 70 + Zn. La population RC 60 est la plus productive donc la mieux adaptée. Le Souma III malgré sa plasticité est très attaquée par les maladies. D'une façon générale Nioro est très humide et la chute de rendement est due pour une large part aux maladies.

Malgré la sécheresse intervenue à la fin de la première décade jusqu'au début de la troisième décade de septembre les mils ont pu boucler leur cycle grâce aux réserves du sol et surtout l'épispion a été couverte par les pluies de la fin de la troisième décade de juillet et celles de la première décade d'août. C'est surtout la floraison qui a coïncidé avec la sécheresse de la deuxième décade de septembre.

Effet du traitement de trempé sur le rendement (campagne 1980 - Localité Niéro)

Tableau n° 6

- a -		- p -	
Populations	Traitement	Rendement q/ha	Classement
Souna III	T	34,70	II
	B	34,44	III
	Zn	32,20	III
3/4 Souna	T	39,63	II
	B	37,08	II
	Zn	34,62	II
3/4 HK SR	T	35,13	II
	B	35,59	II
	Zn	39,95	II
3/4 Ex-Bornu	T	39,23	II
	B	38,72	II
	Zn	38,64	II
RC 90	T	38,71	II
	B	41,37	I
	Zn	39,00	II
RC 80	T	45,99	I
	B	45,30	I
	Zn	42,91	I
4 Synt 75 21	T	32,34	III
	B	35,28	II
	Zn	34,93	II
RC 70	T	30,36	III
	B	28,67	III
	Zn	32,44	III
7 Synt 60-3	T	29,05	III
	B	27,53	III
	Zn	29,74	III
4 Synt 60-2	T	29,94	III
	B	26,55	III
	Zn	27,93	III

PPDS 25 - 6,33 q/ha soit 18,63 % - moyenne intervariétale 34 q/ha

Au point de vue productivité et adaptabilité à la région de Niore les populations ssat classées en catégories I, II et III, voir tableau n° 6.

Comme on le constate dans ce tableau les cycles courts sont moins productifs.

A Bambe y

Tableau n° 7

Populations	Traitement	Rendement q/ha	Classement
Souda III	T	42,02	I
	B	39,06	I
	Zn	39,35	1
3/4 Souda SR	T	34,05	I
	B	31,14	II
	Zn	20,23	III
w - m - -			
3/4 HK SR	T	29,31	II
	B	26	III
	Zn	32,16	II
3/4 Ex-Bernu	T	19,50	III
	B	24,00	III
	Zn	20,57	III
RC 90	T	29,39	II
	B	30,36	II
	Zn	32,42	II
RC 60	T	20,20	III
	B	26,70	III
	Zn	31,67	II
4synt 75 2H	T	32,51	II
	B	32,90	II
	Zn	30,06	II
RC 70	T	26,03	III
	B	26,04	III
	Zn	25,03	III
y - m - -			
7 Synt 60-3	T	27,02	III
	B	20,33	III
	Zn	29,04	II
- 1 - - -			
4 Synt 60-2	T	24,21	III
	B	22,32	III
	Zn	23,00	III

PPds 05 4,73 q/ha soit 10,31 % - Moyenne intervalle 29 q/ha.

A Louga

L'efficience du traitement de trempe a été très significative avec le Souna III traite avec le bore et le zinc tableau n° 3.

On note également une légère augmentation du rendement avec le 3/4 Souna SR + Zn, 3/4 HK SR + Bore, 3/4 HK SR + Zn, RC 80 + Zn, 7 Synt 60-3 + Bore, 4 Synt 60-2 + Bore.

L'attaque de la sèche en pleine épiaison a été très sévère pour les cycles longs. En effet la chute du rendement a été plus marquée chez les cycles longs que chez les cycles courts comparativement à Mioro et Bambey. Cependant au point de vue rendement à part le Souna III + bore et Souna III + Zinc, on ne note pas de différence significative entre les populations,

Si on considère les cycles et la période critique du mil on est tenté de dire que les cycles longs sont plus résistants à la sécheresse. Un fait important est à souligner. Les cycles courts mûrissent très tôt et sont très attaqués par les oiseaux, Malgré donc leur faible potentiel de productivité, leur précocité est la cible de beaucoup d'attaques,

Une analyse du rendement est donnée au tableau n° 9 par sa structure.

A en juger par le poids moyen de 1000 grains le remplissage a été beaucoup plus significatif à Bambey pour le Souna III. Ce qui en Partie d'ailleurs confirme les données de rendement de cette population, Le poids de 1000 grains révèle une certaine plasticité du Souna III de la 4 Synt 75 2M et le 4 Synt 60-2 dans les trois localités d'expérimentation.

Effet du traitement de trempe sur le rendement,, Campagne 1980. Localité Louga.

Tableau n° 3

Populations	Traitement	Rendement q/ha	Classement
- a -	-	-	-
Souna III	T	26,29	II
	B	33,07	1
	Zn	34,55	I
3/4 Souna SR	T	24,70	III
	B	21,15	III
	Zn	25,95	II
3/4 III: SR	T	23,62	II
	B	29,22	II
	Zn	29,52	II
3/4 Hx-Bornu:	T	25,35	II
	B	19,99	III
	Zn	20,79	
RC 90	T	20,31	II
	B	25,06	II
	Zn	22,60	III
RC 80	T	24,13	III
	B	24,55	III
	Zn	27,20	II
* - - Y - -	T	27,11	II
4 Synt 75 2M	B	25,94	II
	Zn	27,94	II
	T	25,23	II
RC 70	B	19,93	III
	Zn	23,31	III
	T	25,81	II
7 Synt 60-3	B	27,66	II
	Zn	23,40	III
	T	23,35	III
4 Synt 60-2	B	25,35	II

Sur la base des données de ce tableau qui ont une certaine liaison avec les rendements obtenus dans les trois localités on peut faire un screening des différentes populations testées.

Le Souna III, la 4 Synt 75 21 et la 4 Synt 60-2 sont valables pour les trois zones.

A Nioro toutes les populations sont adaptées aux conditions climatiques.

A Bamboy les populations Souna III, 3/4 Dx-Dornu, 4 Synt 75 21 et 4 Synt 60-2 sont mieux adaptées.

A Louga le Souna III, la 4 Synt 75 21, la RC 70, la 7 Synt 60-3 et la 4 Synt 60-2 sont mieux adaptées.

Les données des essais de cette année nous incitent à conclure que :

- L'indice foliaire de la deuxième feuille sous-épi reflète le mieux le rendement et peut servir de critères d'approche de la résistance à la sécheresse.

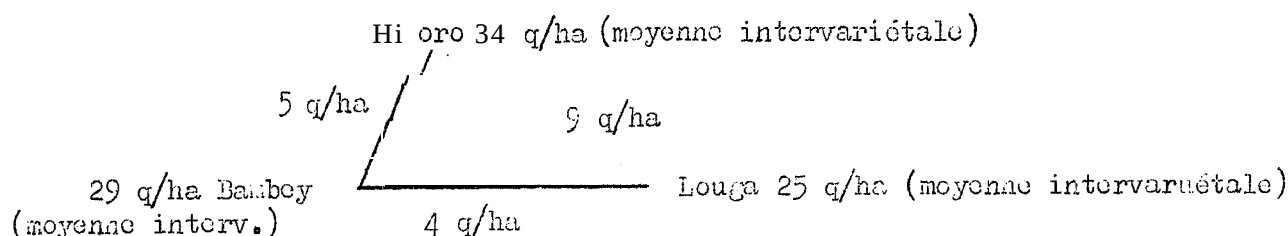
- La résistance à la sécheresse est une caractéristique dynamique qui repose sur le mouvement de l'eau.

- La chute des rendements à la suite des stress hydriques intervenus en épiaison et en floraison dans les trois localités d'expérimentation nous amènent à dire que la période critique du mil se situe en épiaison-floraison.

- Les résultats de la campagne 1960 montrent que la pluviométrie a une incidence considérable sur le rendement.

La différence de moyenne intervariétale dans les trois localités d'expérimentation constituant un triangle varie en fonction de la différence de précipitations.

La différence de rendement peut être illustrée par le triangle ci-dessous :



Elle est de :

- 5 q/ha entre Nioro et Bamboy
- 9 q/ha entre Nioro et Louga
- 4 q/ha entre Bamboy et Louga.

Dans son ensemble l'effet du traitement de trempe est très fluctuant et varie en fonction de l'élément de la population et de la localité d'expérimentation.

Toutes les populations sont adaptées à Nioro, cependant le Souna III malgré sa plasticité est très attaquée dans cette localité.

La zone la plus indiquée pour le Souna III est Bamboy.

Structure du rendement. Campagne 1980

Tableau n° 9

Populations	Traitements	Poids moyen de 1000 grains en grs		
		Louga	Bambey	Nioro
Souna III	T	7,078	8,45	7,87
	B	6,86	8,53	7,36
	Zn	7,28	7,80	7,82
3/4 Souna SR	T	6,50	6,91	7,48
	B	6,74	6,85	7,41
	Zn	6,78	6,70	7,31
3/4 HK SR	T			
	B	6,82	6,44	7,32
	Zn	6,30	6,97	7,78
3/4 Ex-Bornu	T	6,53	7,03	7,00
	B	6,05		7,30
	Zn	5,38	7,20	7,05
RC 90	T	6,36	6,32	7,00
	B	7,20	6,67	7,30
	Zn	6,05	6,58	6,130
- e - - m -				
RC 30	T	5,34	6,74	7,10
	B	6,91	5,89	7,00
	Zn	6,23	6,54	6,53
4Synt 75 21	T	7,31	7,31	7,64
	B	7,00	7,52	7,43
	Zn	7,70	7,68	7,81
RC 70	T	8,10	6,85	7,60
	B	7,71	6,78	7,85
	Zn	7,67	7,60	7,40
- Y -				
7 Synt Go-3	T	7,150	6,00	7,20
	B	7,35	6,70	7,10
	Zn	7,23	7,42	6,82
4 Synt 50-2	T	7,96	7,51	7,70
	B	7,190	7,70	7,74
	Zn	8,10	7,60	7,15

Parmi toutes les populations, la population la plus adaptée aux conditions du Sine-Saloum est la RC 80.

Les populations les plus plastiques sont le Souma III, la 4 Synt 75 2N et la 4 Synt 60-2.

L'adaptation d'une population à une zone donnée est une caractéristique liée aux particularités biologiques de la plante

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les résultats obtenus sur le mil sont fort intéressants et permettent d'orienter les recherches sur de nouvelles bases.

Le mil est une céréale de grande productivité mais à cause du rapport faible grain/paille son rendement est très bas.

On a une assez bonne connaissance sur la croissance des mils annuels, mais celle des populations à cycle court nécessite une étude approfondie.

Contrairement aux apparences, les exigences du mil en substances minérales se sont révélées supérieures à celles d'autres cultures (maïs), mais ce soit a pu être expliqué. Sur la base des données des exportations et grâce à la connaissance des coefficients d'utilisation des éléments minéraux par le mil dans le sol, dans les engrais minéraux et organiques il serait possible de moduler les rendements théoriques.

Le diagnostic foliaire présente bien des avantages, cependant pour une meilleure connaissance des besoins de la plante en éléments minéraux et en vue d'une programmation des rendements, il convient de l'associer aux analyses du sol. Ce complexe permet d'avoir la lumière sur le mécanisme de l'interdépendance entre les différents paramètres qui déterminent le rendement, une analyse juste et fiable quant à la recommandation aux doses optimales d'engrais minéraux et organiques.

L'étude de la résistance à la sécheresse a montré que l'adaptabilité d'une variété à la sécheresse est une caractéristique dynamique, qui naît et se développe au cours du processus d'évolution de la plante dans une zone écologique donnée.

La meilleure méthode directe et concrète pour la zonation des différentes populations de mil est la conduite d'essais en champ.

La surface foliaire de la deuxième feuille sous-épi peut être retenue comme paramètre de productivité et d'approche de la résistance à la sécheresse.

La dynamique de l'eau dans l'ontogénèse en fraction liée et fraction libre reflète le mode de gestion de l'eau de chaque variété de mil en fonction des phases de développement et des conditions du milieu.

BIBLIOGRAPHIE

oooooo

- VIDAL P. Croissance et nutrition minérale des mils (Pennisetum) cultivés au Sénégal. Thèse de docteur-ingénieur Université de Dakar 1963.
- CORRIOLS J. Quelques observations sur la biologie florale du mil et du sorgho au Sénégal. Annales du Centre de recherches agronomiques de Bambey au Sénégal 1950.
- RAISON C. Pour une meilleure connaissance de la croissance et du développement des mils pennisetum Bambey 1966.
- BLONDEL D. Premiers résultats sur la dynamique de l'azote de deux sols du Sénégal. Col. fert. Sols tropicaux, Tananarive 1967.
- JACQUINOT L. La nutrition minérale du mil (Pennisetum typhoides Stapf et Hubbard) Agronomie tropicale n° 19 - 1969.
- JACQUINOT L. La nutrition minérale du mil (Pennisetum gibbosum). Effet de la nature de l'alimentation azotée sur l'absorption de l'azote et sur la croissance. Interaction de l'alimentation en fer CNRA Bambey 1968.
- JACQUINOT L. Translocation du 32 p et 35 S. Similitude avec la translocation des assimilats photosynthétiques CNRA Bambey 1968.
- JACQUINOT L. Division de physiologie végétale. Recherches et résultats obtenus en 1969 CNRA Bambey janvier 1970.
- JACQUINOT L. Le potentiel photosynthétique du mil (Pennisetum typhoides) et le rendement utile CNRA Bambey 1971.
- JACQUINOT L. La nutrition carbonée du mil (Pennisetum typhoides Stapf et Hubb.). Migrations des assimilats carbonés durant la formation des grains. Agronomie tropicale Vol. XXV, N° 12 - 1970.
- POUZET D. Potentiel photosynthétique et Potentiel de production du mil (Pennisetum typhoides) CNRA Bambey octobre 1974.
- POUZET D. et H. PUARD. Photosynthèse et respiration d'un mil (Pennisetum typhoides) "in vivo".
Application à la détermination de l'énergie critique Ec CNRA Bambey octobre 1974.
- HENKEL P. A. Physiologie des plantes - Moscou 1975.
- SKAZKIN F. D. Période critique chez les plantes à l'égard d'un stress hydrique dans le sol. Académie des Sciences U.R.S.S. Leningrad 1971.
- LEVITT J. Academ. Press. New York (1956).
- POUZET D. et H. PUARD. Etude de la respiration d'une feuille de mil (Pennisetum typhoides) placée en conditions déficitaires de bilan énergétique lumineux, journalier CNRA Bambey octobre 1974.
- POUZET D. Densité optimum d'une population de mil (Pennisetum typhoides) améliorée - relations avec la densité critique et la densité de semis.
- PUARD H. et al. Campagne d'hivernage 1975 - CNRA Bambey
- JACQUINOT L., POUZET D., PUARD H. Rapport général d'activité, vol. 11. Projet FMD. Amélioration des mils - CNRA Bambey.
- Mlle DIOP F. Synthèse des travaux des hivernages 1975-1977 et autres