

REPUBLICQUE DU SENEGAL

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT
RURAL ET DE L'HYDRAULIQUE

INSTITUT SENEGALAIS DE
RECHERCHES AGRICOLES

CN800037
FOTO
NDI

17

Projet USAID/ISRA SUR
LA RECHERCHE AGRICOLE
AU SENEGAL (SAR II)

DETERMINATION DE DENSITES DE PEUPLEMENT OPTIMALES
POUR LA PRODUCTION DU MAIS PLUVIAL

PAR

Mamadou	NDIAYE
ibrahima	DIOUM
Ganda	DEME

PROGRAMME MAIS PLUVIAL
DECEMBRE 1990

SECTEUR CENTRE SUD
STATION DE NIORO
BP.17 NIORO DU RIP

AVANT...PROPOS

Cette étude est menée dans le cadre d'initiation d'une partie du programme phytotechnie sur le maïs pluvial entrepris à la Station ISRA DE NIORO. Elle a été financée par l'USAID dans le cadre du projet USAID/ISRA sur la Recherche Agricole au Sénégal (SAR II), à qui nous exprimons nos remerciements.

Table de Matières

	Page
Avant propos	1
1) <u>Introduction</u>	2
11) <u>Matériel et Méthodes</u>	3
21 - Matériel	
22 - Dispositif expérimental	
III) <u>Résultats et Discussion</u>	4
31 - Aperçu sur la pluviométrie	
32 - Comptage du nombre de plants	
33 - Floraison 50%	
34 - Hauteur d'insertion de l'épi	
35 - Verse	
36 - Nombre d'épis par plant	
37 - Poids de 1000 graines	
38 - Humidité du grain	
39 - Rendement grains	
310 - Rendement paille	
IV) <u>Conclusion</u>	12
<u>Références bibliographiques</u>	13
<u>Annexes</u> = <u>Tableaux</u>	14

I) Introduction :

L'intensification de la production de maïs suscite un intérêt nouveau de la détermination de densités optimales de semis par rapport à la densité unique actuellement vulgarisée. Cet intérêt peut venir de :

- 1) l'augmentation des doses d'engrais appliquées
- 2) des sécheresses occasionnelles en cours d'hivernage
- 3) de la disponibilité de variétés améliorées
- 4) de la réponse différentielle du matériel végétal aux variations de densités de peuplement.

Une densité unique de 50.000 pieds/ha avec un écartement de 90cm entre lignes et 25cm sur la ligne est actuellement recommandée. Elle résulte peut être d'études; conduites dans des conditions très anciennes de variétés, de fertilisation et de climat. Cette densité apparaît aujourd'hui inappropriée avec les techniques culturales récentes; (ou pratiquées), des nouvelles variétés améliorées et très diversifiées (en taille, cycle et exigences nutritionnelles), et les conditions de pluviométrie limitantes.

Les variétés améliorées prolifiques, semées à faible densité pourraient mieux s'adapter que les variétés moins prolifiques dans des environnements variables. Il serait nécessaire de semer à une densité élevée, pour obtenir de rendement maximum, les variétés améliorées cultivées sur des sols à fertilité élevée et en conditions de croissance optimales.

Enfin, les conditions climatiques du Sénégal variant d'un hivernage à un autre et d'une localité à une autre et puisque les paysans ne peuvent prédire le type d'hivernage, ils ne savent pas s'il faut semer les variétés améliorées à faible, moyenne ou forte densité.

Cette étude vise à déterminer la réponse de variétés améliorées de maïs aux densités variables de peuplement dans des conditions pédo-climatiques très variées. Malheureusement cet essai n'a été implanté que dans une seule localité à la Station (NIORO) cette année, compte tenu de l'absence de véhicule pour le programme maïs pluvial.

II) Matériel et méthodes :

2.1) Matériel

L'essai a été implanté sur un sol ferrugineux tropical avec tâches et concrétions ferrugineuses, sur sable ou grès sablo-argileux et cuirasses pouvant affleurer (Pieri, 1969).

.../.

Deux types de variétés de maïs ont été utilisées. Leurs caractéristiques sont indiquées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques des variétés de maïs utilisées

Caractéristiques	Variétés de maïs	
	Synthétique	JDB (Jaune Denté de Bambey)
Structure	Variété synthétique	Variété populaire
Date de création	1980	1980
Origine	ISRA/CNRA de Bambey	ISRA/CNRA de Bambey
Cycle (semis maturité)	90 jours	80 jours
Couleur du grain	blanche	jaune
Type de grain	semi denté ou corné	denté
Forme du grain	ronde	ronde

(source : Fiche variétale du maïs)

2.2) Dispositif expérimental

Le dispositif de l'essai est de type split-plot avec blocs complètement randomisés. Chaque variété a été semée dans une parcelle principale avec six différentes densités (parcelles secondaires). Chaque parcelle est répétée quatre fois et comprend quatre lignes de 4,5m de long dont 2 lignes utiles. Les densités testées sont indiquées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Densités testées pour chaque variété

Traitements;	Espace (cm)			Plant/Poque	Plants/ha	
	entre ligne sur 1 ligne					
D1	75	X	75	1	20	741
D2	75	X	50	1	29	630
D3	75	X	30	1	47	407
D4	75	X	25	1	56	296
D5	75	X	15	1	91	852
D6	75	X	12,5	1	109	630

2.3) Réalisation pratique

Le labour avec reprise a été réalisé en début de cycle à une profondeur de 15-20cm. Il a été suivi d'un hersage pour mieux préparer le lit de semences. Le semis a été effectué à plat à raison de 3 graines/poquets suivi d'un démariage à 1 pied/poquet 15 jours après la levée. Un buttage a été fait à la mi-montaison, à 28 jours après le semis. Pour le contrôle des mauvaises herbes, des sarcla-binages ont été effectués à la demande. Une fumure de fond a été apportée à raison de 300kg de 8-18-27, suivie d'un apport complémentaire de 200kg N/ha sous forme d'urée (46%N), fractionnés en deux parties égales aux 27e et 41e jour après semis.

2.4) Observations et mesures

Les observations et notations sur la plante avant récolte ont porté sur le nombre de pieds levés, les maladies foliaires, les floraisons mâle et femelle 50%, la hauteur d'insertion de l'épi, la hauteur totale de la plante et la verse. Une plante a été considérée comme "verse des racines" lorsqu'elle a été inclinée de 30 degrés de la verticale au sol et "verse des tiges" si la tige a été cassée au dessous du niveau d'insertion de l'épi. Si une plante a présenté les deux situations, elle a été classée dans l'un de deux types de verse.

A la récolte, les épis de chaque parcelle ont été pesés. Le rendement en grains a été déterminé sur la base des épis égrenés avec un taux d'humidité des grains de 15%. L'humidité des grains différents de 15% a été ajustée à ce taux pour le calcul du rendement. Aussi un ajustement a été fait pour les poquets manquants mais non pour d'autres variations du stand.

2.5) Analyse statistique

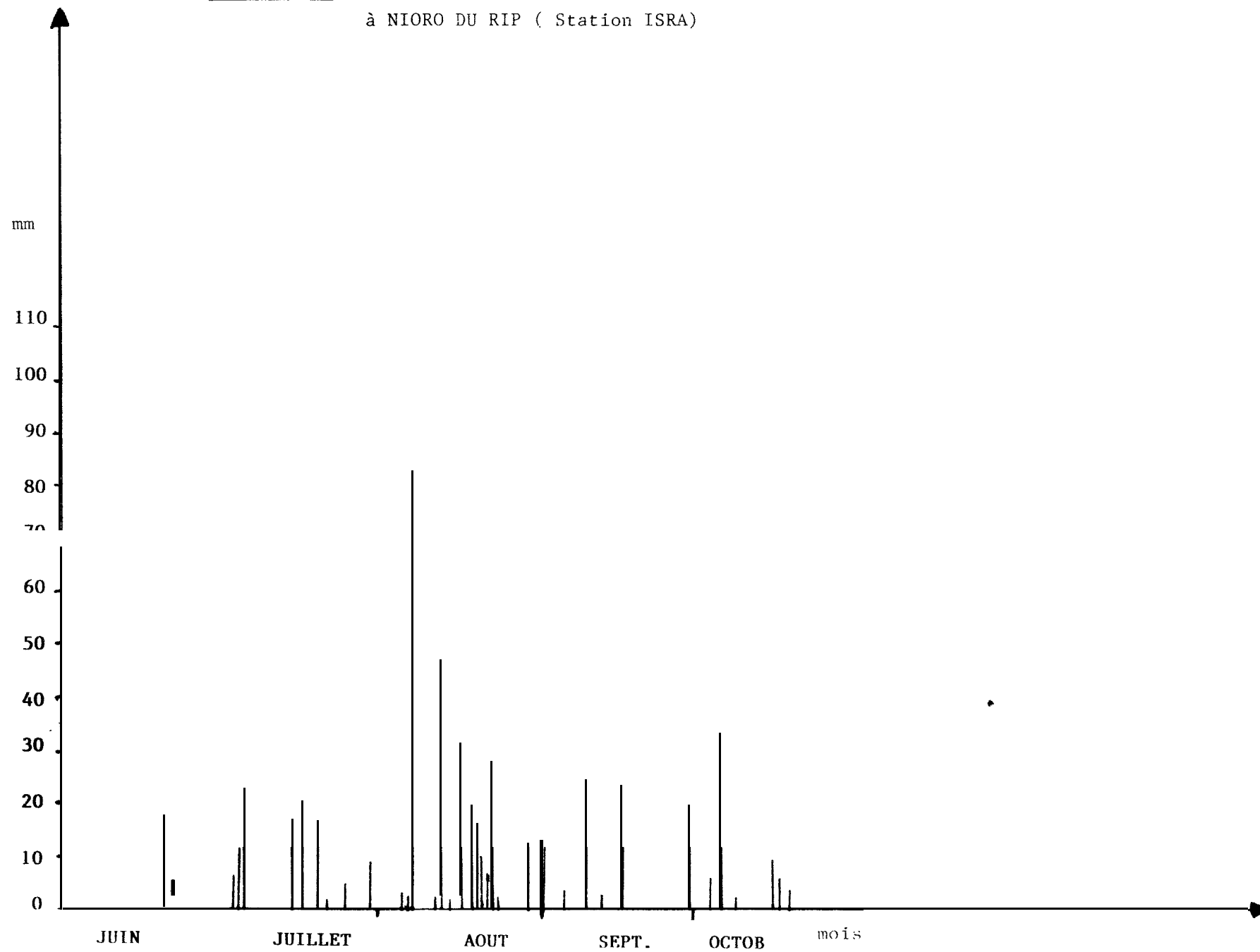
Une analyse de variance a été faite sur les données recueillies sur les différents paramètres en utilisant un programme MSTAT avec deux facteurs à split-plot.

III) Résultats et discussion

3.1) Aperçu sur la pluviométrie

Cette année la pluviométrie totale a été de 554,1mm répartis en 47 jours de pluies (graphique 1). La première pluie (18mm) est tombée le 15 Juin, mais elle a été suivie d'une période très sèche de 15 jours environs, entraînant des resemis de la plupart des céréales. L'essai a été semé le 23 Juillet donc tardivement mais dans des conditions d'humidité favorables. Malheureusement, une sécheresse (deux semaines sans pluie après le 17 Septembre) est intervenue durant la période la plus critique de la plante ; c'est à dire au moment de la floraison où le maïs est tout spécialement sensible à la contrainte hydrique et les coups de sécheresse peuvent occasionner une réduction de rendement de l'ordre de 30 à 50%.

Graphique I



3.2) Comptage du nombre de plants

Les comptages de pieds levés après démariage et de pieds présents à la récolte n'ont pas révélé des pertes importantes : <1500 plants/ha, sauf pour la plus forte densité où l'on a enregistré des pertes du stand de 3000 à 7000 plants/ha. (tableau 3).

La croissance du maïs au cours de phase végétative a été favorisée par une température et une pluviométrie adéquates du mois d'Août. Les pertes du stand enregistrées seraient dues à d'autres facteurs tels que : Les dégâts de maladies, cassure des tiges etc...

3.3) Floraison 50%

Les nombres moyens de jours des floraisons mâle et femelle 50% sont indiqués dans les tableaux 4a et 4b. On observe que les dates de floraison n'ont pas été influencées de manière significative par l'accroissement de la densité (tableaux 5a et 5b). Par contre, on note des différences significatives ($P = 0,05$) entre les deux variétés. Ainsi, les dates moyennes de floraison mâle 50% ont été de 48,67 et 50,67 jours et celles de la floraison femelle 50% de 49,92 et 53,50 jours après semis, respectivement pour les variétés JDB et Synth. C. La différence entre la floraison mâle et l'épiaison a varié en moyenne de 1,25 et 2,83 jours, respectivement pour JDB et Synth. C. On a pu constater que l'épiaison était plus retardée que l'anthèse à de fortes densités, particulièrement dans les conditions de contraintes hydriques de cette année. Ce qui a conduit à des épis faiblement pollinisés.

3.4) La hauteur d'insertion de l'épi

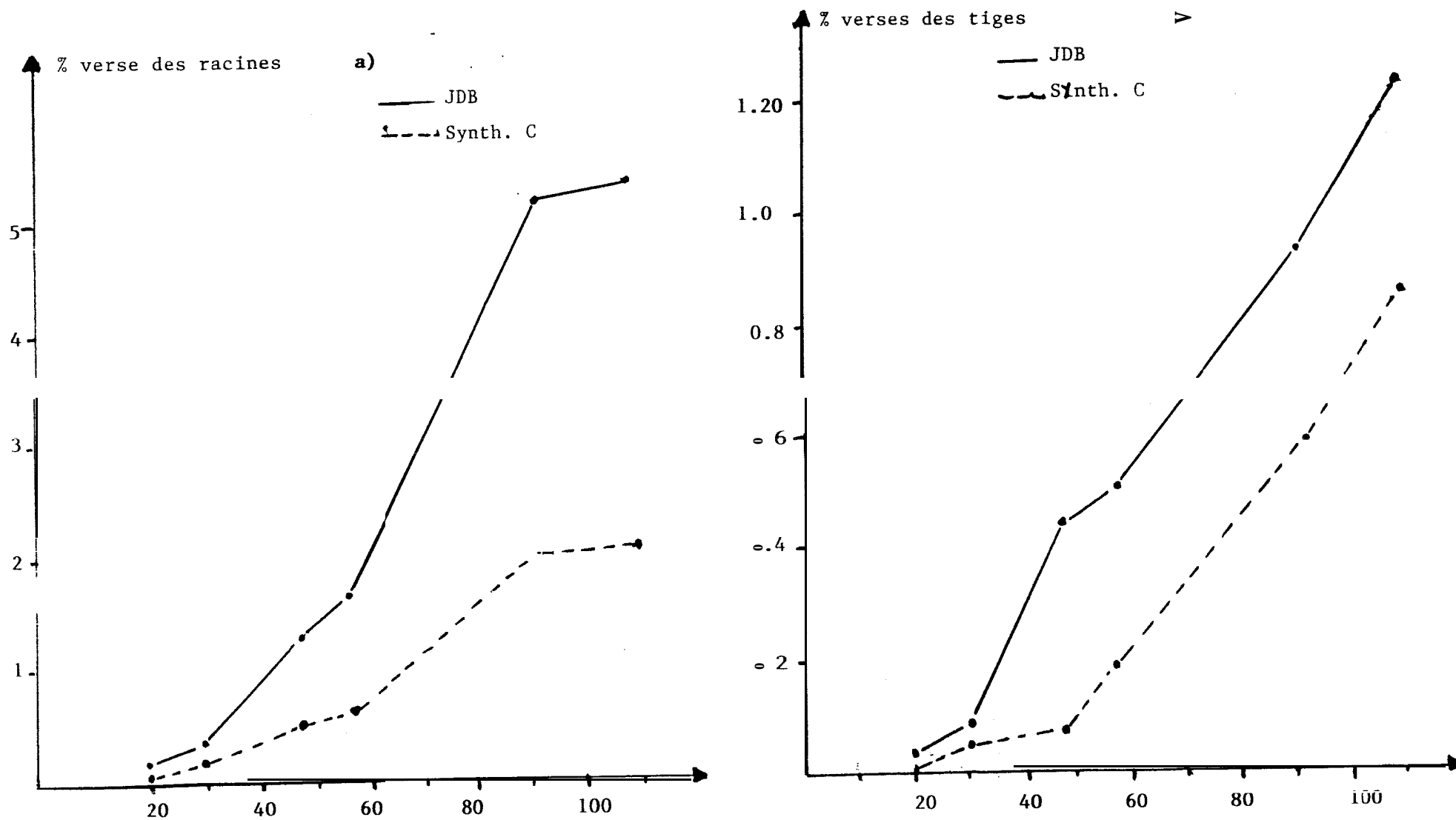
L'analyse statistique des données obtenues montre que la hauteur d'insertion de l'épi n'a pas été influencée de manière significative par la densité (tableau 6). Par contre, on note un effet variétal hautement significatif. Ainsi, l'épi a été formé à une hauteur moyenne au sol de 0,938m sur les plants de Synth. C alors qu'il a été inséré à 0,698m sur ceux de JDB. Ce résultat est le fait de caractères génotypiques différents qui existent entre variétés.

3.5) La verse

On observe que les pourcentages de plantes versées ont été plus importants chez JDB que chez Synth. C. Cette plus grande sensibilité de la variété JDB à la verse particulièrement la verse des tiges, est un caractère génotypique déjà observé au champ antérieurement. Si l'on augmente la densité de peuplement sur sol de productivité déterminée la tendance à la verse sera accrue (graphique 2).

Toutes variétés confondues, la verse racinaire a varié de 0,12 à 3,68% et celle des tiges de 0,02 à 1,26% dans l'intervalle de densités testées. En effet la concurrence pour les éléments nutritifs du sol, l'eau et la lumière, augmente parallèlement au nombre de plants. Ces ressources étant moins limitantes en quantité à densité faible, seraient à l'origine de développement de plantes plus vigoureuses et par conséquent

Graphique 2 : Influence de la densité de peuplement sur
pourcentage des plantes versées :
a) verse des racines ; b) verse des tiges



Densité de peuplement : X1000 plants/ha

plus résistantes à la verse en comparaison avec des plants poussant à densité plus élevée. La propension à verser est donc un des risques liés à l'augmentation de densité en vue d'obtenir des rendements plus élevés.

3.6) Le nombre d'épis par plante

L'évolution du nombre moyen d'épis par plante en fonction de la densité est représentée par le graphique 3. Les courbes obtenues montrent que ce nombre diminue rapidement à partir des 20 000 et 30 000 plants/ha, respectivement pour JDB et Synth. C, approchant un épi par plant aux densités plus élevées. En effet, tant l'hérédité que l'environnement déterminent le nombre d'épis par tige. La tendance des variétés à épi unique à devenir prolifiques varie en fonction de la fertilité et de la densité. Ainsi, pour un sol de productivité donnée, la stérilité des tiges est plus répandue en conditions de densité élevée. Dugen et al. (1958) a établi les relations suivantes entre la stérilité des tiges et la densité de peuplement du maïs : 1,2% de stérilité pour 19760 plants/ha, 9,3% pour 29640, 15,7% pour 39520 et 23,6% pour 49400 plants/ha.

3.7) Le poids de 1000 graines

Le poids de 1000 graines a varié de 128,00 à 206,75g et de 190,75 à 253,00g, respectivement pour JDB et Synth. C. (tableau 7). Ainsi on observe que ce poids décroît lorsque la densité de peuplement augmente. En effet au cours de la phase de remplissage des graines, une réduction importante du poids des graines peut être la conséquence d'une contrainte hydrique qui serait accentuée par une évapotranspiration et une température intraparcellaire plus élevée à forte densité qu'à faible densité.

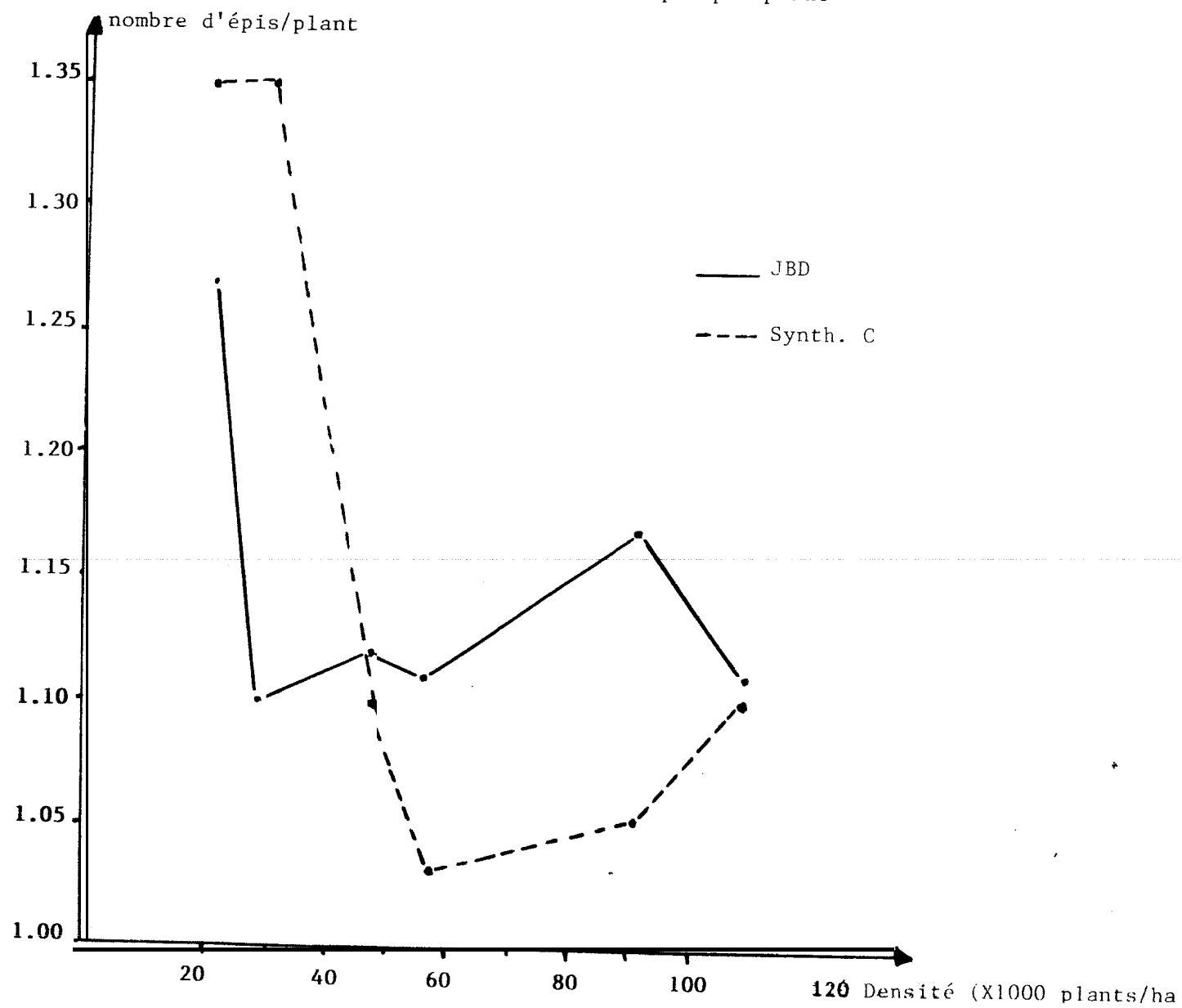
3.8) L'humidité du grain

Après leur maturité physiologique (déterminée par la présence d'une couche noire à la base du grain de l'épi), les grains doivent sécher pour atteindre un degré d'humidité permettant leur récolte. Leur deshydratation est influencée tant par les conditions climatiques que par le génotype. C'est ainsi que l'on observe que la variété Synth. C présente une humidité du grain plus élevée (28,4%) que celle de JDB (24,9%). Ce qui s'explique par une deshydratation des grains plus accélérée chez la variété précoce : JDB. Par ailleurs on note que cette humidité du grain n'est pas influencée de manière significative par l'augmentation de la densité. dans nos conditions expérimentales (tableau 8).

3.9) Le rendement en grains

Le rendement moyen des deux variétés, toutes densités confondues, a été de 978 et 1941kg/ha, respectivement pour JDB et Synth. C. Cet avantage de rendement de Synth. C sur JDB résulterait d'une maturité plus tardive et d'une meilleure adaptation dans les conditions de cultures à NIORO. Les rendements moyens des densités, toutes

Graphique 3 : Influence de la densité de peuplement sur
le nombre d'épis par plant



variétés confondues, ont varié de 770 à 1774kg/ha, respectivement à 109630 et 56296 plants/ha.

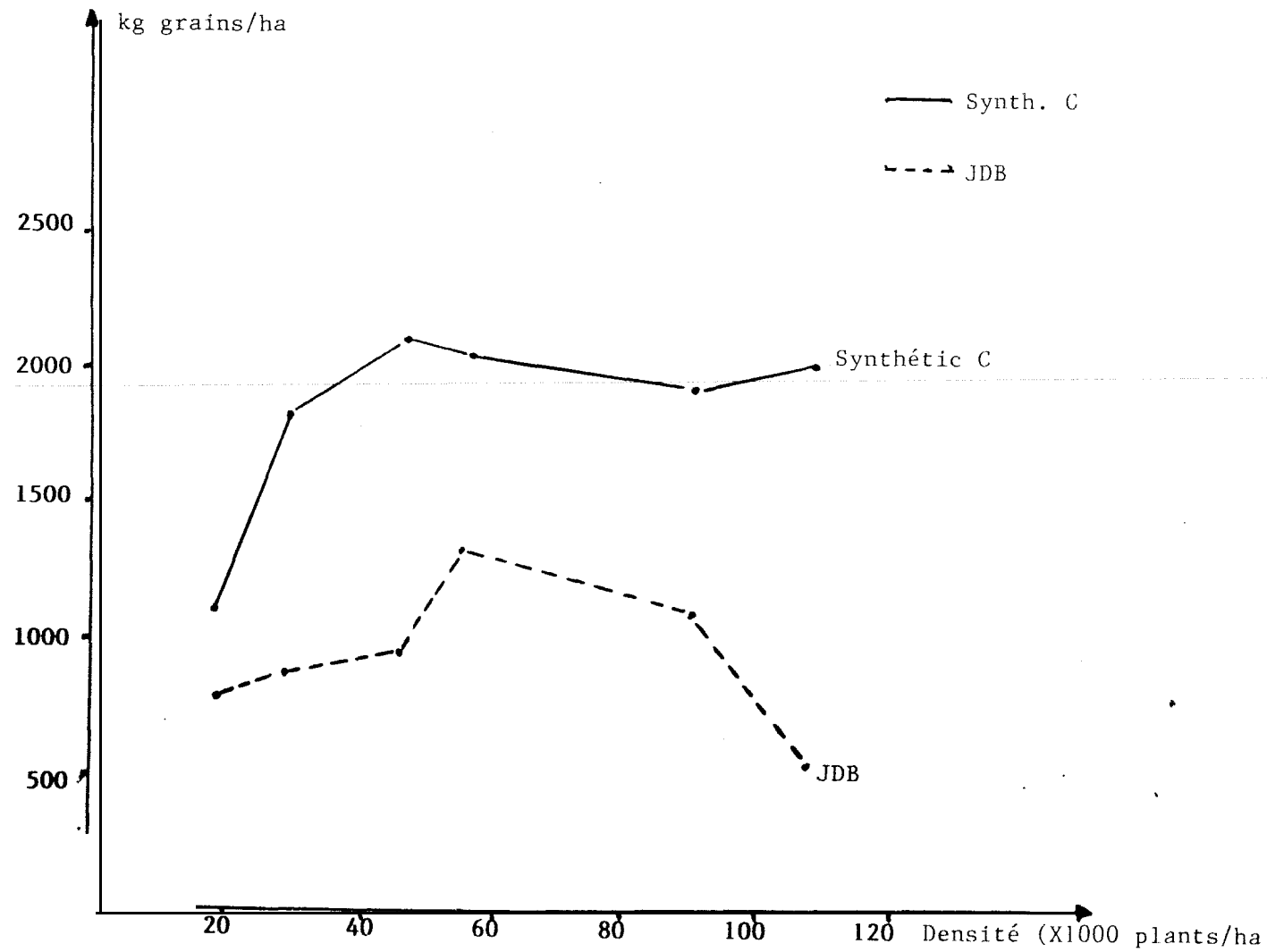
Le tableau 9 indique l'analyse de variance des résultats de rendement en grains à 15% d'humidité. On note des effets hautement significatifs des facteurs: variété, densité ainsi que leur interaction. L'interaction significative nous permet d'interpréter les résultats au niveau de chaque variété. Le graphique 4 permet d'observer que le rendement à l'hectare augmente avec la densité jusqu'à la densité requise pour un rendement maximum, à partir de laquelle la production en grains baisse ou se stabilise. Cette baisse de rendement à trop forte densité s'explique par le manque de circulation de l'air, par l'augmentation de la température à l'intérieur de la parcelle, par l'insuffisance de fécondation et même par l'évapotranspiration très intense. La densité optimale a varié selon la variété : elle a été de 56296 et 47407 plants/ha, respectivement pour JDB et Synth. C. Il convient de remarquer que ces densités optimales sont différentes de la densité unique de 53333 plants/ha actuellement recommandée par toute variété et toutes conditions pédoclimatiques. En effet, vu l'abondance des types de maïs et leur répartition dans ces conditions climatiques fort diverses, il est essentiel de déterminer la densité de peuplement optimale pour chaque région et pour chaque type de variété cultivée. Le temps requis pour arriver à maturité est un facteur important qui influence le taux de semis optimal pour des rendements maximum ; les variétés à maturité précoce peuvent être semées plus denses que les tardives.

3.10) Rendement de pailles sèches

Les résultats d'analyse de variance des données obtenues sur les pailles sont indiqués dans le tableau 10. On note que la réponse de la production de pailles a été beaucoup plus importante chez Synth. C (2571kg/ha) que chez JDB (1036kg/ha). Cette production a augmenté de manière presque linéaire de la densité la plus faible à la plus élevée pour les deux variétés : de 1047 à 1907kg/ha et de 1269 à 3741kg/ha, respectivement pour JDB et Synth. C.

Il convient de noter que la densité de peuplement optimale variera selon qu'il s'agit d'une culture fourragère ou vivrière. La densité de la culture fourragère sera beaucoup plus élevée que pour la production de grains. La variété Synth. C est beaucoup plus intéressante que la variété JDB, dans le cadre de l'intégration Agriculture-Elevage, car elle a révélé une production de matière sèche (grains et pailles) significativement supérieure.

Graphique 4 : Influence de la densité de peuplement
sur le rendement en grains de deux variétés
de maïs



VI) Conclusion

La densité de peuplement joue un rôle prépondérant dans l'obtention d'un bon rendement. Au moment du semis, le nombre de grains mis en terre ne doit pas constituer une limite au nombre de plantes qui seront présentes à la récolte. Il se détermine en tenant compte de cet objectif et des risques de pertes au long de la végétation. Si l'on augmente le nombre de plantes à l'hectare on peut augmenter la quantité d'eau par irrigation et d'éléments fertilisants par apport d'engrais, mais on ne pourra empêcher que, par suite d'une population plus dense, la quantité de lumière interceptée pour chaque plante soit diminuée et par voie de conséquence la surface foliaire par plante sera un peu réduite, le nombre d'épis par tige baissera (apparition de plantes stériles), le pourcentage de plantes versées augmentera et le poids de 1000 graines sera diminué. Il en résulte donc un rendement moindre par plante, mais peut-être pas moindre à l'hectare ; il y a un optimum de densité à trouver. Cet optimum serait, dans les conditions de culture à NIORO de l'année 1990, de 47407 et 56296 plants/ha respectivement pour Synth. C et JDB. La densité optimale dépend non seulement de la variété et du type de sol (qu'on connaît) mais aussi des conditions climatiques de l'année lesquelles ne sont pas connues à l'avance et de bien d'autres facteurs. Cet essai gagnera donc à être répété dans le temps (3 à 4 ans) et implanté dans des conditions pédo-climatiques variées dans l'aire potentielle de la maïsiculture.

Tableau 3 : Densité théorique et réelle après levée
(plants à 1 hectare)

Traitements	Densité théorique	Densité réelle	
		JDB	Synth. C
D1	20 741	20 555	20 741
D2	29 630	29 074	29 074
D3	47 407	46 667	46 667
D4	56 296	55 926	55 000
D5	91 852	91 401	90 555
D6	109 630	102 778	106 667

Tableau 4 : Date de floraison mâle 50%
(jours après semis)

D E N S I T E	V A R L E T E S	
	JDB	SYNTH. C
20 741	48,750	51,000
29 630	49,000	50,250
47 407	48,500	50,750
56 296	48,750	50,750
91 852	48,500	50,250
109 630	48,500	51,000

Tableau 4b : Date de floraison femelle 50%
(jours après semis)

D E N S I T E S /	V A R I E T E S	
	JDB	SYNTH. C
20 741	49,500	52,000
29 630	50,250	51,750
47 407	50,000	52,000
56 296	49,500	52,250
91 852	49,750	53,250
109 630	50,000	53,750

Tableau 5a : Analyse de variance sur la date de
floraison mâle 50%

Source	DL	CM	F	value	Prob.
Répétition	3	1,500		0,87	
Variété	1	48,000		27,87 S	0, 13
Erreur	3	1,722			
, Densité	5	0,233		0,27 NS	
Variété x densité	5	0,400		0,46 NS	
Erreur	30	0,861			
C.V = 1,87%					

S = significatif à P = 0,05

NS = non significatif

Tableau 5b : Analyse de variance sur la date de
floraison femelle 50%

Source	DL	CM	F value	Prob.
Répétition	3	1,806	0,58	
Variété	1	80,083	25,51 S	0,014
Erreur	3	3,139		
Densité	5	2,133	1,50 NS/	0,219
Variété x densité	5	1,133	0,80 NS	
Erreur	30	1,422		
C.V = 2,33%				

S = significatif à P = 0,05

NS = non significatif

Tableau 6 : Analyse de variance sur la hauteur
d'insertion de l'épi

Source	DL	CM	F value	Prob.
Répétition	3	0,035	1,88	0,309
Variété	1	1,012	54,95 HS	0,005
Erreur	3	0,018		
Densité	5	0,063	2,16 NS;	0,085
Variété x densité	5	0,081	2,77 S	0,035
Erreur	30	0,020		
C.V = 20,24%				

HS = hautement significatif (P = 0,01)

NS = non significatif

Tableau 7 : Poids moyen de 1000 graines (en g)

D E N S I T E S	V A R I E T E S	
	JDB	SYNTH. C
20 741	206,75	248,50
29 630	178,25	253,00
47 407	155,75	235,50
56 296	171,27	238,50
91 852	128,00	190,75
109 630	130,50	210,25

Tableau 8 : Humidité du grain (%)

D E N S I T E S	V A R I E T E S	
	JDB	SYNTH. C
20 741	26,40	27,88
29 630	25,18	30,10
47 407	24,70	27,33
56 296	24,25	28,38
91 852	25,15	27,35
109 630	23,68	28,70

Tableau 9 : Analyse de variance sur le rendement
en grains (Essai Densité 1990 - NIORO)

Source	DL	CM	F calculé	Prob.
Répétition	3	0,045	0,09	
Variété	1	20,481	41,66 HS	0,007
Erreur	3	0,492		
Densité	5	0,914	6,98 HS	0,000
Variété x densité	5	0,557	4,32 HS	0,004
Erreur B	30	0,131		
C.V = 18,42				

HS = hautement significatif (P = 0,01)

Tableau 10 : Analyse de variance sur le rendement en
pailles (tiges + feuilles) sèche (NIORO-1990)

Source	DL	CM	F calculé	Prob.
Répétition	3	0,220	0,64	
Variété	1	28,181	75,60 HS	0,003
Erreur	3	0,346		
Densité	5	4,572	8,53 HS	0,000
Variété x densité	5	1,147	2,14 HS	0,088
Erreur B	30	0,537		

* THS = Très hautement significatif (P = 0,001)
HS = hautement Significatif (P = 0,005)
NS = non significatif .

Références bibliographiques

1. Dugen, G.H., Allen, A.L et Bendleten, J.W. 1958
Corn plant population in relation to soil productivity
Advances in Agronomy X - Academic Press
2. Piéri, C. 1969. Etude pédologique de La région de NIORO DU RIP.
Note interne du CNRA de Bambey, Sénégal.

TABLEAU II : Rendement en grain (15 % d'humidité) et autres caractéristiques agronomiques de deux variétés de maïs semées à différentes densités - Station NIOBO - 1990.

Variété	Densité	Rendement grain kg/ha	Poids épis récolte kg/ha	Poids 1 000 graines (g)	Nombre d'épis par plant	Verse tige (%)	Verse racines (%)	Floraison mâle 50%(jours)	Floraison femelle 50%(jrs)	Hauteur section épi (cm)	Hauteur totale (cm)
(JDB) JAUNE DENTE DE BAMBEY	1. 20 741	845	1 500	206,75	1,268	0,032	0,162	48,75	49,50	73	155
	2. 29 630	903	1 296	178,25	1,102	0,090	0,370	49,00	50,25	65	144
	3. 47 407	1 040	1 574	155,75	1,127	0,447	1,335	48,500	50,00	66	140
	4. 56 296	1 374	2 074	171,27	1,110	0,515	1,715	48,75	49,50	68	149
	5. 91 852	1 091	1 593	128,00	1,177	1,932	5,222	48,50	49,75	76	157
	6. 109 630	580	1 185	130,50	1,107	1,230	5,305	48,50	50,50	71	152
Moyenne Ver.		972	1 537	161,75	1,149	0,708	2,352	48,67	49,917	70	149,50
SYNTHETIC C	1. 20 741	1 281	2 289	248,50	1,355	0,00	0,070	61,00	52,00	85	181
	2. 29 630	1 863	3 926	253,00	1,352	0,050	0,135	50,25	51,75	96	191
	3. 47 407	2 307	3 907	235,50	1,100	0,070	0,510	50,75	52,00	92	181
	4. 56 296	2 159	4 222	238,50	1,035	0,195	0,582	50,75	52,25	136	184
	5. 91 852	1 895	2 926	190,75	1,052	0,590	2,020	50,25	53,25	91	178
	6. 109 630	2 140	3 981	210,25	1,100	0,853	2,065	51,00	53,75	93	185
Moyenne Variété		1 941	3 542	229,42	1,166	0,293	0,897	50,67	52,500	99	183,33