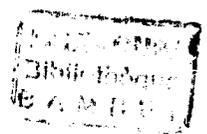


CN890018  
F612  
LET

7 1989/32 SA.  
ETUDE DE LA STABILITE DU RENDEMENT DES VARIETES  
E SORGHO DE CYCLE COURT ET DE CYCLE INTERMEDIAIRE  
(synthèse des essais multilocaux 1985-1988)\*

par

P. LETOURMY IRAT MONTPELLIER  
G. TROUCHE CNRA/ISRA



-----

INTRODUCTION

L'amélioration variétale du sorgho au Sénégal est orientée vers la sélection de variétés de cycle court (90-100 jours) **pour** la zone Centre-Nord (pluviométrie inférieure à 600 mm) et de variétés de cycle intermédiaire (110-120 jours) pour les zones Centre-Sud et Sud (pluviométrie variant entre 600 et 900 mm).

Les principaux objectifs **de sélection** sont : bonne vigueur à la levée, taille courte, **panicule semi-compacte avec** une bonne **exarction**, grain clair sans couche brune et à bonne **vitrosité**, bonne productivité, stabilité du rendement, tolérance aux stress hydrique pour les variétés de cycle court, **tolérance** aux moisissures du grain surtout pour les variétés de cycle intermédiaire.

Dans le choix des variétés, la stabilité du rendement est un caractère particulièrement important pour garantir une production régulière sous des conditions d'environnements très variables. Une **série** d'essais multilocaux **réalisés** de 1985 à 1988 a été ainsi analysée afin de juger l'adaptation des variétés dans différentes situations **agroclim**atiques.

Pour les variétés de cycle court l'analyse a concerné 8 essais avec 21 variétés dont 8 communes aux 8 essais. Pour les variétés de cycle intermédiaire l'analyse a porté sur 6 essais avec 17 variétés dont 8 communes aux 6 essais. La variable étudiée est le rendement exprimé en **g/parcelle** de **25,92** m<sup>2</sup>, tous les chiffres figurant ci-après sont exprimés dans cette unité.

Dans les 2 cas, la procédure d'analyse est la suivante :

- 1) Analyse des essais individuels, en tenant compte de toutes les variétés de chaque essai.
- 2) Sélection des essais de même **variance** résiduelle (test de BARTLETT).
- 3) Analyse des regroupements pertinents :
  - . test de l'interaction variétés communes x environnements ;
  - . analyse de l'interaction par l'étude de la stabilité du rendement.

1. Variétés de cycle intermédiaire

1.1 Sélection des essais à regrouper

Les analyses de **variance** des 6 essais fournissent les estimations suivantes des **variances résiduelles** :

n°	Essai	Variance résiduelle (CMR)	Degrés de liberté
1	VELINGARA 86	1.188.271	60
2	SINTHIOU 86	2.647.212	<b>60</b>
3	NIORO 87	1.908.828	70
4	THYSSE 87	1.974.425	70
5	NIORO 88	2.882.313	55
6	THYSSE 88	749.229	55

Test d'égalité des variances :

$$\chi^2 (\text{BARTLETT}) = 32,61 > \chi^2(5 \text{ dl} ; 0,05) = 11,1$$

On en conclut que les **variances** sont significativement différentes. Ceci nous a amené à scinder en 2 groupes ces 6 essais :

- le groupe des n° 2, 3, 4 et 5, dont le test de BARTLETT n'est pas significatif ;  $\chi^2 = 4,02 < \chi^2(3 \text{ dl} ; 0,05) = 7,81$ .

- le groupe des n° 1 et 6, dont on peut tester l'égalité des 2 **variances** (au niveau 5%) par le rapport de celles-ci comparé à la valeur de la statistique de FISHER (à 60 dl au numérateur et 55 dl au dénominateur) au niveau **2,5%** (il s'agit d'un test à alternative bilatérale) ;

$$F = \frac{1.188.271}{749.229} = 1,59 < F(60 \text{ dl} ; 55 \text{ dl} ; 2,5 \%) = 1,69$$

Seul le groupe de 4 essais (n° 2, 3, 4 et 5) peut faire l'objet d'une étude de stabilité du rendement, celle-ci n'aurait pas de sens avec seulement 2 essais (n° 1 et 6). Ces derniers peuvent cependant faire l'objet d'une analyse de regroupement classique.

1.2 Regroupements des essais n° 2, 3, 4 et 5

Ces 4 essais ont-été regroupés (**variance résiduelle** calculée à partir de l'ensemble des **résultats** des 4 essais) seule la combinaison des 8 **variétés** communes et des 4 environnements a été analysée pour l'**étude** de la **stabilité** du rendement. On obtient le tableau suivant d'analyse de **variance** :

Variation	SCE	dl	CM	F
Variétés	194.805.800	7	27.829.400	12,4 S
Environnements	1.378.170.000	3	459.390.000	198,82 S
Interaction var. x env.	161.108.902	21	7.671.852	3,32 S
*entre régressions	115.283.350	7	16.469.050	7,13 S
*résidus des régressions	45.825.552	14	3.273.254	1,42 NS
<b>Résiduelle</b>	<b>589.187.536</b>	<b>255</b>	<b>2.310.539</b>	

Moyenne générale = 7594,1 g/parcelle

Les indices d'environnement sont les **écarts** entre les moyennes des variétés communes par environnement et la moyenne générale, d'où :

THYSSE 87	NIORO 87	NIORO 88	SINTHIOU 86
- 3189,9	- 572,6	- 477,8	4240,3

Du tableau d'analyse de **variance** on conclut qu'il existe une interaction variétés x environnements significative. Cette interaction est **décomposée** en une part expliquée par les régressions sur les indices d'environnement et une part non expliquée **par** celles-ci (cf. FINLAY-WILKINSON [3]). Il s'avère que la part de l'interaction non expliquée par le modèle n'est pas significative, par contre la part expliquée par ces régressions l'est. Ceci signifie que le modèle d'étude de la stabilité du rendement s'applique bien **à** ces données, et que l'on peut analyser les régressions des 8 variétés sans se préoccuper des écarts à ces régressions (cf. le 2° paramètre de stabilité d'EBERHART-RUSSEL [2]). Les variétés sont alors **caractérisées** par 2 **paramètres** :

Variétés	Moyennes (m <sub>i</sub> )	Pentes (b <sub>i</sub> )
SSV5	5435,0	0,6911
SSV8	6844,6	0,8933
F2-20	8332,5	1,3356
S8120	7521,7	0,4647
S8136	7740,8	1,1775
7613-039	8950,8	1,0567
7820-03-4	8285,8	1,3577
7954-26	7641,3	1,0233
	ETM = 310,28	S(B) = 0,1158

ETM est l'écart-type de la moyenne.

S(B) est l'écart-type de la pente, il s'agit d'un calcul approché de cet écart-type en réalité (cf. rapport de mission au Sénégal [4]).

Pour chaque variété  $i$ , on obtient une équation de régression du rendement en fonction de l'indice d'environnement :  $Rdt = m_i + b_i I$

Ces résultats sont représentés sur 2 graphiques : la figure 1 présente les droites de régression par variété et la figure 2 présente les pentes en fonction des moyennes (avec la représentation, pour les abscisses, de  $M \pm 2 ETM$  et, pour les ordonnées de  $1 \pm 2 S(B)$ ).

Il apparaît alors des groupes de variétés, en particulier :

- 7613-039 productive et stable
- F2-20 et 7820-03-4 productives mais instables (adaptée aux milieux favorables)
- S8120 adaptée aux milieux défavorables.

Il faut toutefois constater que ces résultats ne se rapportent qu'à 4 essais! ce qui est peu.

1.3 Regroupement des essais n° 1 et 6

On obtient une interaction essai x variété significative :

Variation	dl	F
Interaction essai <b>variété</b>	7	<b>5,85</b> test significatif au niveau 1%
Résiduelle	115	

Le tableau suivant présente les moyennes observées des variétés dans les 2 essais (les astérisques désignent les variétés communes) :

n° 1 : VELINGARA 86		n° 6 : THYSSE 88	
<b>F2-20</b>	<b>12516,7 *</b>	S8136	<b>4133,3 *</b>
<b>L30</b>	<b>11708,3</b>	ssv3	3433,3
S8136	<b>11603,3 *</b>	<b>SSV5</b>	3325,0 *
7954-26	<b>10325,0 *</b>	<b>SSV8</b>	<b>3250,0 *</b>
<b>SSV1</b>	<b>10171,7</b>	<b>F2-20</b>	<b>3283,3 *</b>
<b>CE151-186</b>	9755,0	7954-26	<b>3066,7 *</b>
<b>7820-03-4</b>	<b>9550,0 *</b>	ssv7	2875,0
<b>S8120</b>	9508,3 *	7613-039	<b>2871,7 *</b>
SSV8	<b>9461,7 *</b>	<b>S8120</b>	<b>2601,7 *</b>
7613-039	<b>8850,0 *</b>	<b>SSV10</b>	<b>2333,3</b>
<b>SSV6</b>	<b>8186,7</b>	137-62	<b>2283,3</b>
<b>SSV5</b>	7905,0 *	7820-03-4	1946,7 *
7618-012	7875,0		
Moyenne des variétés communes = <b>9968,8</b>		Moyennes des variétés communes = <b>3054,2</b>	
ETM = <b>403,79</b>			

Prenons la **variété** 7613-039 par exemple, **trouvée** productive et stable dans les essais 2 à 5. Son équation de régression sur I, l'indice de l'environnement est :

$$\text{Rdt} = 8950,8 + 1,0567 I$$

I est estimé par l'écart entre la moyenne des 8 variétés communes dans l'essai et la moyenne de ces variétés dans les essais 2 à 5, d'où :

Essai	Valeur prédite	Valeur observée
1	11.460,1	8.850,0
6	4.153,5	2.871,7

Cette variété 7613-039 trouvée productive et stable dans les 4 essais 2 à 5, se révèle décevante dans les deux autres essais.

Il apparaît que le modèle ne s'applique pas pour cette variété et il faut sans doute se demander pourquoi une variété **trouvée** productive et stable dans 4 environnements se trouve être moins intéressante dans les 2 autres.

Le même type de comparaison pourrait être fait pour les autres variétés.

Figure 1

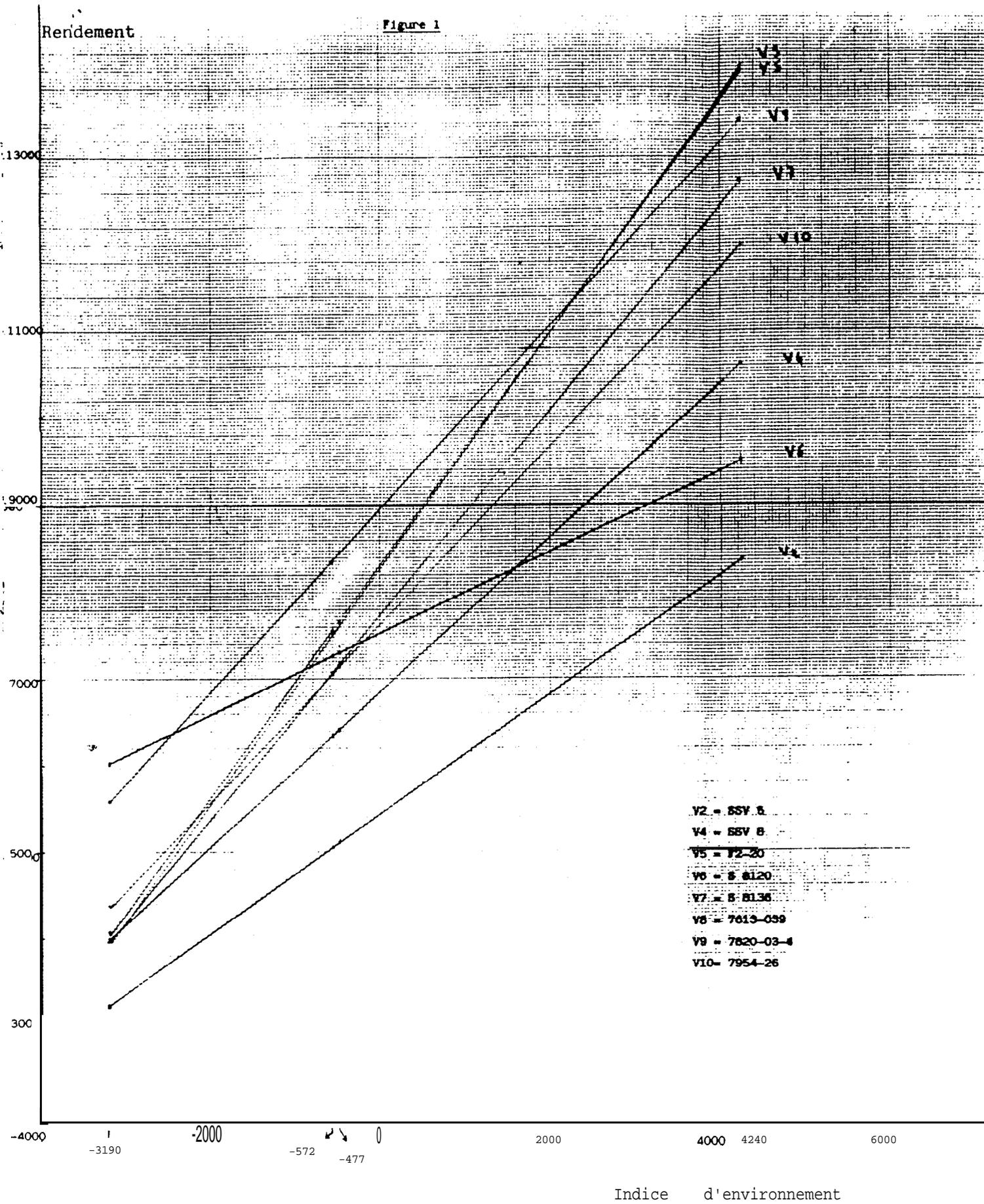
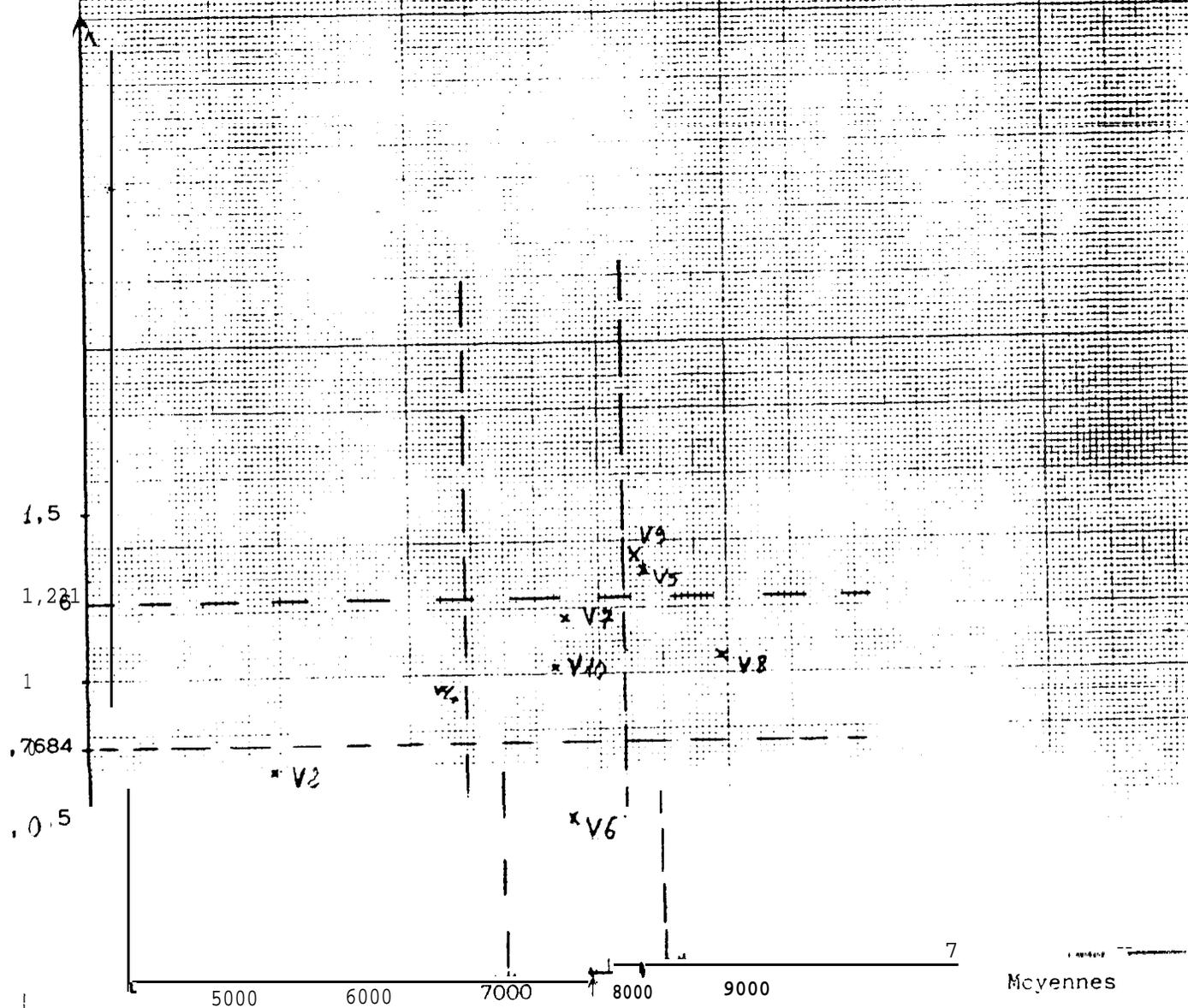


Figure 2

CYCLE INTERMÉDIAIRE

Pentes



11. Variétés de cycle court

II.1 Sélection des essais à regrouper

Les analyses de **variance** des 8 essais fournissent les estimations suivantes des **variances résiduelles** :

n°	Essai	Variance résiduelle (CMR)	Degrés de liberté
1	BAMBEY 85	1.849.347	50
2	NIORO 86	2.458.350	70
3	ROF 86	2.327.699	70
4	BAMBEY 86	839.687	70
5	BAMBEY 87	1.717.962	75
6	NIORO 87	1.522.179	75
7	NIORO 88	3.011.537	60
a	BAMBEY 88	4.396.447	60

Test d'égalité des **variances** :

$$\chi^2 (\text{BARTLETT}) = 53,38 \gg \chi^2 (7 \text{ dl} ; 0,05) = 14,1$$

Les **variances** étant significativement différentes, il a fallu écarter l'essai n° 4 plus précis et l'essai n° a moins précis que les 6 autres ; d'où le groupe des essais n° 1, 2, 3, 5, 6 et 7, dont le test de BARTLETT n'est pas significatif :

$$\chi^2 = 10,91 \ll \chi^2 (5 \text{ dl} ; 0,05) = 11,1$$

11.2 Regroupement des essais n° 1, 2, 3, 5, 6 et 7

Ici 8 **variétés** sont communes à ces 6 essais. La même analyse de stabilité de rendement a été effectuée que pour les variétés de cycle intermédiaire. On obtient le tableau suivant d'analyse de **variance** :

Variation	SCE	dl	CM	F
<b>Variétés</b>	104.132.630	7	14.876.090	<b>6,99 S</b>
<b>Environnements</b>	815.183.900	5	163.036.780	<b>76,62 S</b>
Interaction var. x env.	175.765.444	35	5.021.870	2,36 S
*entre régressions	44.700.740	7	6.385.820	3,00 S
*résidus des régressions	131.064.704	28	4.680.882	2,20 S
<b>Résiduelle</b>	851.193.587	400	2.127.984	

**S** = significatif au niveau  $P=0,05$

Moyenne **générale** = 8729,3 g/parcelle

Les indices d'environnement sont les suivants :

BAMBEY 87	ROF 86	BAMBEY 85	NIORO 86	NIORO 88	NIORO 87
<b>- 2986,6</b>	<b>- 1348,1</b>	<b>306,5</b>	<b>641,5</b>	1638.8	<b>1747,8</b>

On remarque que les indices d'environnements les plus bas correspondent aux sites de plus faible pluviométrie, Bambe et Rof. Le facteur hydrique, quantité de pluie et qualité de sa répartition par rapport aux phases sensibles, apparaît comme le principal facteur limitant du rendement dans les conditions de réalisation des essais.

Du tableau d'analyse de **variance**, il **apparaît** qu'il existe une interaction variétés x environnements significative. La part expliquée par les régressions est significative, mais il existe aussi une part de l'interaction non expliquée par celles-ci. Ceci traduit le fait que le modèle ne s'applique pas parfaitement, au moins pour quelques **variétés**. Il est nécessaire alors de caractériser chaque variété, non seulement par la moyenne et sa pente de régression, mais aussi par des paramètres mesurant l'écart au modèle de régression. On choisit ici les 2 paramètres  $r_i$  et  $p_i^2$  (cf. DENIS et VINCOURT [1]) :

soit  $s_i$  l'écovalence, c'est-à-dire la part de l'interaction due à la variété  $i$ , on définit  $r_i$  comme la part de  $s_i$  non expliquée par le modèle de **régression** et  $p_i^2$  est la part **expliquée** par le modèle rapportée à  $s_i$  ( $p_i^2 = 1 - r_i/s_i$ ).

Variétés	Moyennes	Pentes	$r_i$	$p_i^2$
1 CE 90	8421,9	0,8712	7.536.680	0,0359
2 CE 145-66 V	9819,4	1,4889	1.961.797	0,6742
3 CE 151-262	8462,2	1,1553	2.134.043	0,1610
5 CE 157-95	7621,1	0,9753	4.949.732	0,0021
6 CE 151-382	8695,8	0,7107	1.499.261	0,4867
7 CE 180-33	9123,3	1,0099	412.577	0,0040
8 CE 194-19	8593,3	1,0560	2.918.684	0,0179
..0 CE 196-7	9097,2	0,7328	414.342	0,7454
	ETM = 243,13	S(B) = 0,1445		

On peut vérifier que la somme des  $r_i$  multipliée par le nombre de blocs par essai est égale à la SCE des **résidus** des régressions (voir tableau d'analyse de **variance**).

Les variétés pour lesquelles on a, à la fois,  $p_i^2$  faible et  $r_i$  élevé sont les variétés pour lesquelles le modèle ne **s'applique pas valablement**. Pour ces 2 d'entre elles, c'est évident : CE 90 et CE 157-95 ont des variations non expliquées par le modèle.

Pour CE 194-19 on a également  $p_i^2$  très faible, et  $r_i$  encore élevé.

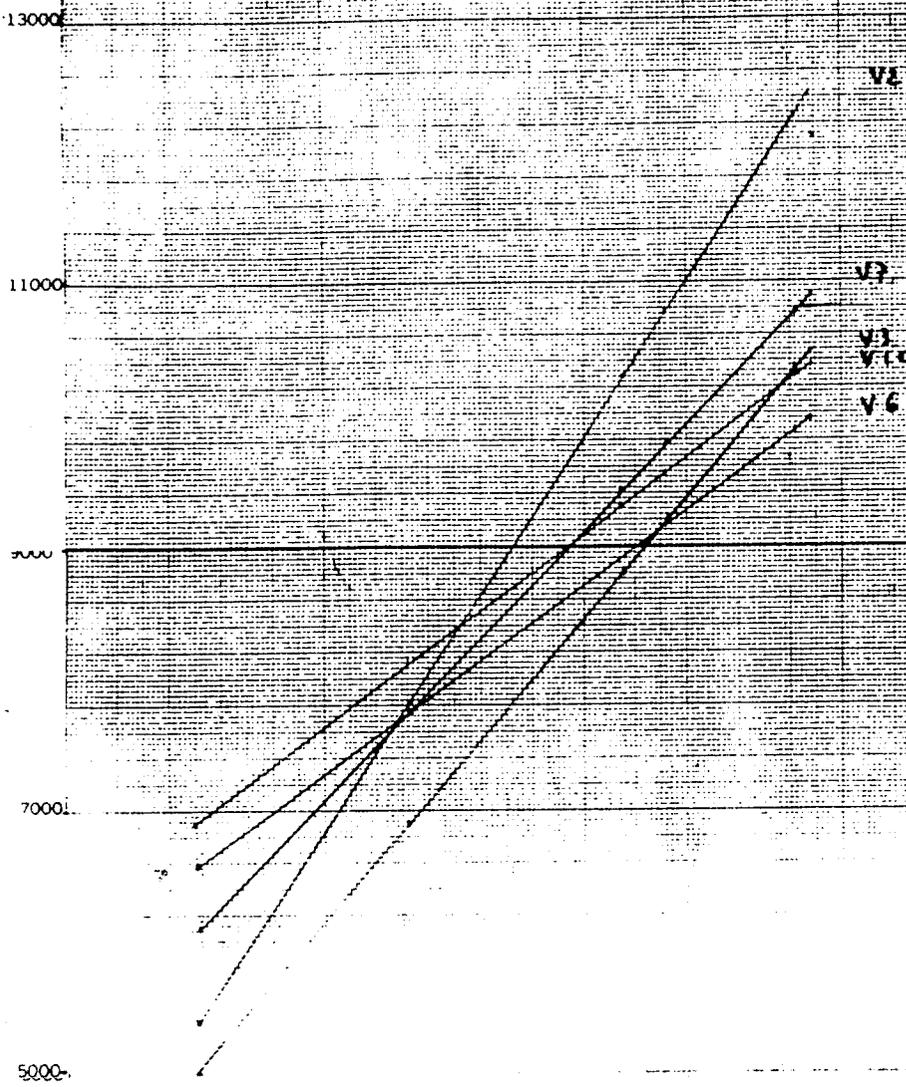
On peut alors ne considérer que **les 5 autres variétés pour** l'étude de régression. Les figures 3 et 4 représentent **les droites** de régression par variété et le graphique des pentes en fonction des moyennes de ces mêmes variétés.

Il apparaît alors :

- une variété très productive mais surtout en conditions pluviométriques favorables (variété instable) : CE 145-66 V ;
- 2 variétés de productivité moyenne mais ayant un bon comportement en conditions pluviométriques défavorables (variétés stables) : CE 151-382 et CE 196-7 ;
- 2 variétés de productivité moyenne et stabilité intermédiaire : CE 151-262 et CE 180-33.

Figure 3

Rendement



- V2 - CE 145-66 V
- V3 - CE 151-262
- V6 - CE 151-382
- V7 - CE 180-33
- V10 - CE 196-7

-4000

-2966

-2000

-1348

0

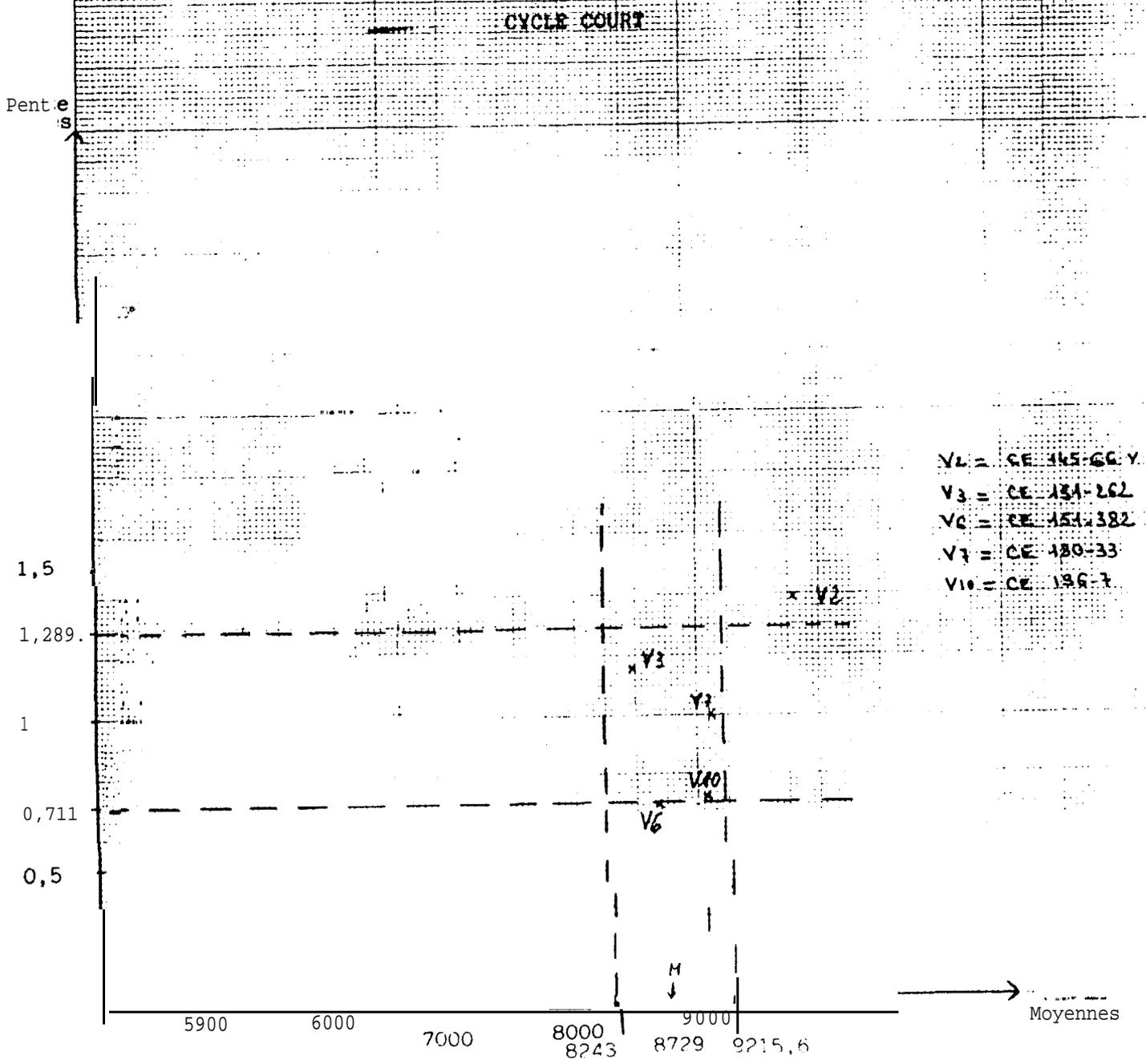
306 641

1639 1748 2000

Indice d'environnement



Figure 4



Références bibliographiques

- [1]** DENIS J.B., VINCOURT P., Panorama des méthodes statistiques d'analyse des interactions génotype x milieu  
Agronomie, 2(3), 219-230, 1982
  
- [2]** EBERHART S.A., RUSSEL W.A., Stability parameters for comparing varieties  
Crop Science, 6, 36-40, 1966
  
- [3]** FINLAY K.W., WILKINSON G.N., The analysis of adaptation on a plant-breeding programme  
Australian J. Agr. Res., 14, 742-754, 1963
  
- [4]** LETOURMY P., Mission au **sénégal**. Séminaire sur la méthodologie de l'expérimentation agronomique. Mission d'appui sur les stations de Saint-Louis et Bambey. 22 janvier - 4 février 1989  
**RIM/Méthodologie n° 2** (à paraître).