

C N° 10579

AT/MG
REPUBLIQUE DU SENEGAL

SECRETARIAT D'ETAT
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

CONTRIBUTION A L'ETUDE QUANTITATIVE
DE QUELQUES LIGNEES 7410 (67-17 X CE90)

par

Marcel GALIBA

Juin 1980

Centre National de Recherches Agronomiques
de BAMBEY

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

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
AVANT PROPOS.....	1
CHAPITRE I : Introduction.....	2
CHAPITRE II : Revue de littérature.....	3
CHAPITRE III : Matériel et méthode.....	6
3.1. Matériel végétal.....	6
3.2. Méthodes.....	6
CHAPITRE IV : Résultats et Discussion	7
4.1. Analyse de variance plurifactorielle... ,	7
4.2. Analyse de regression	8
CONCLUSION.....	30
REMERCIEMENTS.....	32
BIBLIOGRAPHIE.....	33
ANNEXE.....	35

AVANT PROPOS

L'évaluation des cultivars demeure le Rubicon de tout programme de sélection : *alea jacta est*, Les hésitations, les atermoiements ne doivent en aucun cas prendre le devant, même si au bout le compte n'y est pas. Cependant la technique d'appréhension des résultats doit être sans faille, voire sophistiquée si nécessaire.

Considérant les travaux antérieurs, les méthodologies d'antan avec leurs forces, mais surtout leurs faiblesses, il a été jugé utile de présenter une étude sur l'évaluation quantitative de quelques lignées 7410, testées pendant deux ans en cinq lieux différents.

Plutôt que de partir d'un concept-bateau (la sélection du sorgho), nous avons préféré, à l'aide de données réelles, prendre la pyramide à l'envers. A partir de cette analyse, les perspectives d'une sélection répondant mieux aux réalités seront dégagées.

Ce travail pourrait paraître théorique dans la mesure où il met en jeu différents modèles. Cependant il se veut un outil concret, éliminant toute appréhension sensuelle, ou subjective et devant permettre une meilleure connaissance de la valeur intrinsèque du matériel végétal sélectionné.

I. INTRODUCTION

Le désert avancerait de 30 km par an dans certains pays de la zone sahélienne. Les éléments non prévisibles du milieu demeurent le facteur limitant numéro un. Les variations d'année en année ne suivent plus aucun fil directeur, si ce n'est celui du hasard. Le sélectionneur peut alors difficilement développer de nouveaux cultivars pour des réalités de demain qu'il ignore, Telle variété réputée bonne pendant les tests d'évaluation, se révèle plus tard non adaptée, La sélection se trouve ainsi à la merci complète des aléas climatiques. La création de variétés capables de donner un rendement intéressant malgré les variations spatio-temporelles, devient une nécessité,

Concernant le sorgho, les surfaces emblavées ont significativement diminué dans certaines zones du Sénégal. L'inadéquation du matériel végétal à un milieu ayant évolué illustre la situation délicate du moment. Cela d'autant plus que la variation contrôlable (façons culturales, fertilité, etc) ne se réalise pleinement qu'avec l'appui optimal des éléments impondérables. Différents choix peuvent néanmoins être esquissés, mais sans nul doute, la réponse serait au sein même du matériel végétal. Ainsi la sélection de variétés bien adaptées à différents sites et performantes devrait permettre un avenir moins sombre.

II. REVUE DE LITTÉRATURE

La sélection de cultivars adaptés et performants a toujours été l'un des objectifs principaux des améliorateurs de céréales. Avec l'augmentation des possibilités d'analyse de données, les techniques permettant de caractériser un matériel végétal dans son comportement en plusieurs sites et années ont beaucoup évolué.

L'ajustement héréditaire à un milieu résulte d'une multitude de causes. Néanmoins deux éléments fondamentaux permettent de saisir toutes les données du problème : la plasticité et la stabilité, Bradshaw (1965) définit la plasticité d'un caractère comme le changement dû à différents environnements, de l'expression des caractéristiques individuelles d'un génotype. Un des points les plus importants, surtout pour les plantes autogames, demeure que la plasticité et la stabilité sont sous contrôle génétique et non nécessairement liées à l'hétérozygotie (Mather 1953, Bradshaw 1965, Frankel et Munday 1965, St Pierre et al 1967).

Puisque dans les caractères d'un organisme tous les changements qui ne sont pas génétiques sont dus à l'environnement, la plasticité est applicable à toute la variabilité intragénotypique. Le maximum d'adaptation ne nécessite pas le même degré de plasticité pour tous les caractères. Comme un résultat de la sélection naturelle, les caractères pour lesquels la stabilité est indispensable à la survie présenteraient une plus faible plasticité ; contrairement aux caractères chez, qui la plasticité n'est pas un désavantage, mis plutôt un avantage sélectif positif. Il en résulte que la stabilité et la plasticité sont les deux faces d'une même réalité : l'adaptation au milieu qui est illustrée par l'interaction génotype-environnement. Cependant Allard et Bradshaw (1964) attirent l'attention sur la difficulté d'une classification générale de cette interaction, surtout dans la pratique où différents génotypes sont testés en plusieurs lieux. Pour deux génotypes, trois lieux et un seul critère de classification (le rendement), soixante types d'interactions sont possibles, Ainsi pour $m = 10$ génotypes et $n = 10$ environnements, il y aurait $(mn)!(m!n!)^{-1}$ soit 10^{145} types d'interactions possibles, ce qui dépasse largement le nombre total de plants capables de couvrir la terre.

Devant l'importance du problème, une terminologie pléthorique a vu le jour, semant énormément la confusion, Jacquot (1973) présente une revue de littérature concise et permet de distinguer trois types principaux d'interaction génotype-environnement. Le plus intéressant pour la sélection des plantes autogames et illustrant notre analyse est le cas d'un génotype demeurant fonctionnel dans une série d'environnements différents.

L'aptitude à épouser au mieux différents sites se présenterait sous deux formes (cf Jacquot 1973) :

- sans modification du phénotype : c'est la canalisation (Waddington 1942), l'autorégulation (Schmalhausen 1949), la stabilité liée au développement (Mather 1953), la stabilité phénotypique (Lewis 1954), l'homeostasie (Lerner 1954, Dawson 1968) ;

- Avec modification du phénotype : c'est la plasticité (Salisbury 1940, Bradshaw 1965), la flexibilité (Levins 1953).

Ainsi l'interaction génotype-environnement se retrouve dans n'importe quel matériel végétal y aussi bien dans les lignées pures, les hybrides simples, que dans les hybrides doubles, les top-crois, les synthétiques. De fortes interactions ont toujours bloqué les progrès de la sélection (Comstock et Moll 1963, Allard et Bradshaw 1964). Diverses techniques ont alors été mises au point afin de la réduire. La subdivision d'une région en zones spécifiques, homogènes, a souvent été employée (Lerner et Fray 1956). L'estimation des différentes composantes d'une analyse de variance plurifactorielle (variétés, lieux, années) et même la contribution de chaque variété à l'interaction ont donné d'appréciables résultats (Plaisted et Peterson 1959, Allard 1960). Mais ces techniques se sont révélées limitées dans la mesure où il était difficile d'en tirer des conclusions pratiques; le facteur année se révélait souvent très variable. Il devient indispensable de trouver des paramètres quantitatifs expliquant la relation dynamique entre les génotypes et les effets environnementaux dans l'évaluation de l'adaptation des cultivars. Deux approches se sont développées différemment sur la base d'une même technique.

A L'institut Waite, travaillant sur l'orge, Finlay et Wilkinson (1963) approfondissant une méthode de régression proposée par Yates et Cochran (1938) définissent un paramètre de stabilité : le coefficient de régression obtenu en régressant les valeurs moyennes d'un cultivar dans les environnements testés sur la moyenne des environnements. Eberhart et Russell (1966) apportent un second paramètre de stabilité : la déviation à la droite de régression.

Mais contrairement à Finlay et Wilkinson, les courbes de regression sont tracées par rapport à l'indice d'environnement (I_j) et non plus à la moyenne (M_j) des environnements. La différence n'est pas tellement significative, ce n'est qu'un changement d'origine : $I_j = M_j - M$ (M : moyenne générale de tous les cultivars à tour : les lieux). Beaucoup de sélectionneurs ont grandement utilisé cette technique purement statistique (St Pierre et al 1967, Brees 1968, Reich et Atkins 1970, Majisu et Doggett 1972, Sy 1978, Jinka 1978). Cependant des critiques ont été faites à l'encontre de la méthode. Selon Shukla (1972), Freeman (1973), la caractérisation des cultivars par les coefficients de regression ne serait valable si seulement une partie de l'interaction génotype-environnement est due à l'interaction linéaire entre les coefficients de regression.

D'autre part à l'Université de Birmingham, en se fondant sur l'analyse des composantes génétiques proposées par Mather (1941), Perkins et Jinks (1968) élaborent un modèle tenant également compte des effets génétiques. Les coefficients de regression sont également estimés et surtout la variation environnementale additive. Les différents types possibles de l'interaction génotype-environnement sont discutés en relation avec les déviations par rapport à la regression et même au niveau de chaque variété.

Le point important demeure que les deux voies arrivent à la même conclusion fondamentale : les grandeurs de l'interaction génotype-environnement seraient une fonction linéaire des effets de l'environnement.

III. MATERIEL ET METHODES

3.1. Matériel végétal :

16 lignées 7410, issues d'une sélection pédigrée ont été employées. Afin de mieux contrôler l'essai, elles ont été divisées en 4 groupes avec chacun un témoin hybride et placées dans un carré latin 5 X 5 (5 entrées, 5 répétitions). Chaque entrée s'étend sur 5 lignes en 1976, contre 6 en 1977. Les lignes de semis mesurent 4,20 m (15 poquets) : l'écartement est de 90 X 30 cm. Chaque poquet contient 3 plants, soit une population théorique de 111.111 plants par hectare,

Le 10-21-21 a été apporté comme engrais de fond, à la dose de 150 kg/ha et l'urée à la dose de 200 kg/ha. Des dix sites choisis au départ, cinq ont finalement été considérés dans notre analyse. Les distorsions se sont avérées très significatives dans les autres sites, Les causes seraient dues au mauvais gardiennage, au déficit hydrique et également à un suivi sommaire des essais surtout en PAFEM. Concernant la pluviométrie, l'année 76 s'est révélée meilleure dans les sites choisis que l'année 77.

3.2. Méthodes :

La mesure de l'adaptation des lignées testées en 5 lieux pendant deux ans a été faite par trois méthodes* Elles sont en somme complémentaires dans la mesure où chacune d'elle à un niveau donné, apporte une information supplémentaire à la compréhension de l'interaction génotype-environnement (G X E).

3.2.1. Mesure de l'adaptation de Finlay et Wilkinson (1963)

La régression linéaire des valeurs individuelles sur les moyennes des environnements est calculée pour chaque entrée. Deux paramètres permettent de hiérarchiser les cultivars : leur coefficient de régression et leur rendement moyen dans tous les sites. La comparaison des environnements est rendue possible par le rendement moyen de toutes les lignées pour chaque lieu. Les différences entre les coefficients de régression expliquent partiellement l'interaction G X E.

3.2.2. Mesure de la stabilité de Eberhart et Russel (1966)

Le rendement moyen d'une variété i au lieu j (Y_{ij}) résulterait de la somme du rendement moyen de cette variété à tous les lieux testés (\bar{Y}_i), plus le produit des coefficients de régression (β_i) et de l'indice d'environnement (I_j), additionnée de la déviation à la régression (ϵ_{ij}).

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij}$$

Une variété à adaptation générale serait caractérisée par un coefficient de régression proche de 1 et d'une déviation à la régression voisine de zéro. L'écart à la régression correspond aux variations non expliquées par la régression linéaire.

3.2.3. Mesure de l'interaction G X E par Perkins et Jinks (1968)

Perkins et Jinks proposent le modèle suivant :

$$Y_{ij} = \mu + d_i + f_j + g_{ij} + e_{ij} \text{ (Mather et Jones 1958)}$$

Y_{ij} : rendement moyen du génotype i dans l'environnement j .

μ : moyenne de tous les génotypes dans tous les environnements

d_i : contribution génétique additive du génotype i

f_j : contribution additive environnementale de l'environnement j

g_{ij} : interaction du génotype i et de l'environnement j

e_{ij} : erreur expérimentale du génotype i dans l'environnement j .

Pour Perkins et Jinks, l'aptitude d'un génotype à l'interaction est un caractère quantitatif soumis aux lois génétiques de l'additivité, de la dominance et de l'épistasie et transmissible comme telle.

Les coefficients de régression sont estimés en posant la relation suivante :

$$g_{ij} = \beta_i f_j + \delta_{ij}$$

β_i étant le coefficient de régression linéaire du génotype i et δ_{ij} la déviation à la régression.

Les comparaisons des différents coefficients de régression dans une analyse combinée (joint regression analysis), permet d'estimer précisément l'hétérogénéité due à la régression dans l'interaction génotype-environnement.

En allant plus loin, la méthode de Mandel (1961) citée par Eagles et al (1977) permet d'extraire de l'hétérogénéité une composante à un degré de liberté afin de tester la convergence des droites de régression et pouvoir spécifier la forme de l'interaction G X E.

IV, Résultats et discussion

4.1. Analyse de variance pluriractorielle

Le rendement **moyen** des lignées dans les différents sites demeure le critère de mesure de l'adaptation. Il est considéré, à juste titre, comme la résultante de tous les vecteurs dynamiques de la réponse favorable d'un génotype à divers environnements.

Les tableaux 1, 2 et 3 en annexe présentent les rendements en grains obtenus dans les cinq sites pour les 20 variétés. L'analyse de variance combinée à travers les environnements et les deux années (tableau 1) montre des différences significatives pour toutes les sources de variation. Les environnements diffèrent très significativement et présentent la variation la plus forte de toutes les sources simples de variation. Le caractère hautement significatif des années ne surprend guère, l'année 76 s'est montrée plus humide que l'année 77 sur les sites testés.

L'interaction environnement x année illustre le fait patent du comportement dynamique du sorgho selon les lieux à certaines années plutôt qu'à d'autres. Cette interaction permet d'appréhender le potentiel de rendement des différentes variétés en différents lieux pour différentes saisons.

Les variétés sont significativement différentes au seuil de 1 %, de même que l'interaction variétés X environnement. Ainsi certaines variétés SC révèlent donc supérieures comparées au rendement moyen de la population. Le carré moyen des variétés dépassent largement celui de l'interaction variété-environnement ; c'est une évidence que la performance variétale est assez constante pour démontrer que, comme une moyenne des deux années, certaines variétés sont supérieures à tous les lieux.

Comparés aux lignées, les hybrides donnent des rendements en général supérieurs à tous les lieux. L'interaction du troisième ordre, variétés x Années x Environnements, montre que l'interaction variété x année est différente aux différents lieux. Le carré moyen des variétés, comparé aux trois interactions régies par l'erreur b, est très élevé ; des recommandations générales, considérant les différents rendements variétaux obtenus, peuvent être faites. Mais comme les sites et le faible nombre d'années ne représentent pas un échantillon adéquat de tous les sites possibles et des années, des prédictions seraient très délicates. Au delà des performances qui sont exhibées, des différences significatives, et de l'interaction génotype-environnement présente, l'analyse de variance plurifactorielle ne donnent aucune indication sur le type d'adaptation des variétés.

4.2. Analyse de regression :

Le comportement des vingt variétés à travers les cinq sites montre beaucoup de différences. La méthode de regression linéaire développée par Finlay et Wilkinson (1963) permet de mesurer l'adaptation des différentes variétés aux environnements étudiés. Selon ces auteurs, toute variété dont le coefficient de regression voisine 1 dans les limites de l'erreur type est considérée comme stable; elle devrait demeurer fonctionnelle dans tous les environnements choisis. Les coefficients de regression trouvés pour les variétés (tableau 2) vont en moyenne de 0,40 à 1,50 ;

Tableau 1; Analyse de variance combinée : (variétés-Environnement-Années)

Source de variation	d. L.	C.M. x 10 ³
Environnements	4	3046,20 **
Années	1	53,74 **
Environnements x Années	4	573,35 **
Erreur a	40	6,27
<hr/>		
Variétés	19	164,08 **
Variétés x Environnements	76	23,47 **
Variétés x Années	19	10,75 **
Variétés x Années x Environnements	76	36,86 **
Erreur b	760	5,33
<hr/>		
Total	999	

d.L. = degré de liberté

C.M. = Carré moyen

** = Significatif à 1 %

Tableau 2 : Coefficient de regression et de corrélation entre le rendement de chaque variété et le rendement moyen de chacun des 5 sites

Lignées	Coefficient de regression			Constante			Coefficient de corrélation			Rendement moyen		
	- 1 9 7 5	1977	1976-77	1976	1977	1976-77	1976	1977	1976-77	1976	1977	1976-77
1 7410-122-5-0	0,98	1,47	1,08	- 0,08	- 1,48	- 0,39	0,94	0,97	1,00	2,75	0,55	2,66
2 7410-140-1-1	0,92	1,41	0,80	- 0,24	- 1,56	0,39	0,94	0,96	0,89	2,40	2,30	2,67
3 7410-122-3-0	1,03	1,27	1,07	- 0,21	- 0,95	- 0,37	0,96	0,95	0,99	2,77	2,51	2,64
4 7410-186-1-0	0,96	1,08	0,98	- 0,23	- 0,68	- 0,37	0,38	0,92	0,99	2,52	3,94	2,40
5 HYBRIDE	1,40	1,18	1,34	0,00	0,71	0,21	0,96	0,85	0,97	4,05	2,63	4,00
6 7410-122-4-1	0,84	1,26	0,86	0,06	- 0,81	0,17	0,91	0,97	2,97	2,47	2,63	2,61
7 7410-082-3-0	1,02	0,95	0,93	0,00	- 0,11	0,08	0,98	0,95	0,99	2,93	2,48	2,73
8 7410-231-2-1	1,06	1,25	1,10	0,08	- 0,69	- 0,16	0,97	0,98	0,99	3,13	2,73	2,80
9 7410-231-2-3	0,96	1,18	1,00	0,15	- 0,54	- 0,04	0,86	0,99	0,95	2,91	2,68	3,90
10 HYBRIDE	1,43	0,96	1,26	- 0,22	1,26	0,32	0,96	0,82	0,95	3,89	3,90	3,08
11 7410-237-2-2	1,11	1,26	1,17	0,11	- 0,61	- 0,21	0,96	0,99	0,97	3,32	2,84	3,00
12 7410-230-2-2 NAF	1,99	1,38	1,19	0,25	- 0,98	- 0,43	0,90	0,96	0,93	3,09	2,80	2,94
13 7410-020-4-0	1,11	1,28	1,21	- 0,24	- 0,83	- 0,62	0,90	0,99	0,95	2,96	2,66	2,81
14 7410-140-1-2	1,19	1,24	1,28	- 0,32	- 0,70	- 0,72	0,96	0,99	0,98	3,20	2,70	2,90
15 HYBRIDE	1,72	0,89	1,50	- 0,95	1,37	- 0,32	0,88	0,89	0,97	4,02	3,80	3,91
16 7410-157-2-ONAF	0,46	0,82	0,67	0,79	- 0,18	0,20	0,89	0,86	0,99	2,10	2,07	2,08
17 7410-082-3-I	0,57	0,55	0,61	0,43	0,77	0,44	0,71	0,88	0,88	2,08	2,27	2,17
18 7410-157-3-0	0,50	0,49	0,54	0,63	0,90	0,64	0,67	0,68	0,92	2,07	2,25	2,16
19 7410-088-0-0	0,73	0,45	0,70	0,17	0,84	0,18	0,86	0,63	0,99	2,28	2,06	2,17
20 HYBRIDE	1,02	- 0,40	0,68	- 0,18	4,30	0,99	0,92	0,43	0,80	2,75	3,21	2,90
										2,88	2,73	2,82

Les hybrides présentent les plus grands coefficients de régression, mais également les plus forts rendements. Les coefficients de corrélation entre les rendements moyens des cultivars et les rendements moyens de s environnements sont très significatifs. La figure 1 a, illustre l'interprétation générale du triangle de Finlay et Wilkinson (1963). Les adaptations spécifiques sont caractérisées par des coefficients largement différents de l'unité. La mesure de la performance moyenne d'une variété est considérée par rapport au rendement moyen de la population. Les figures 1b, 2a, 2b montrent le comportement des lignées vis-à-vis de ces deux critères. Tous les hybrides, sauf accident, ont présenté une adaptation spécifique vers les environnements favorables. Beaucoup de lignées, par contre ont une adaptation générale moyenne, doublée pour d'autres d'une performance supérieure à la moyenne. Néanmoins la tendance générale qui se dessine pour les lignées est une stabilité moyenne et une performance inférieure ou égale à la moyenne de la population. La comparaison des figures 2a et 2b montre des différences significatives pour les mêmes variétés; l'effet année trouvé précédemment par l'analyse de variance est nettement visible. L'exemple le plus frappant demeure l'hybride 20 qui en 76, dans la limite de l'erreur type se présente comme une variété à stabilité moyenne et se retrouve en 77 comme une variété excellente dans la mesure où elle présente une stabilité phénotypique supérieure à la moyenne (sur la courbe la valeur absolue a été considérée) et une bonne performance. D'ailleurs c'est le type idéal recherché : une variété ayant une grande stabilité et également un très haut rendement, caractères qui ne vont pas toujours de pair. Le même cas se retrouve avec la variété 1, stable en 1976 et peu stable en 1977. Toutes les lignées en moyenne en 1977 ont fait un pas vers l'adaptation spécifique exceptée les lignées 16, 17, 18 qui tout le long de deux années malgré une faible performance, ont montré une stabilité intéressante. Ces lignées sont précieuses à plus d'un titre. Considérant la stabilité comme un caractère quantitatif et héritable, elles pourraient être considérées dans un programme de sélection comme géniteur de stabilité.

Le tableau 3 présente l'analyse de variance selon le modèle de Eberhart et Russel (1966). Toutes les sources de variance sont significatives, exceptée la déviation cumulée. Les variétés se montrent une fois de plus significativement différentes. La différence génétique parmi les variétés pour leur régression est également significative. Le tableau 4 présente les paramètres de stabilité des différentes lignées pour les deux années et leur cumul. Les coefficients de régression sont identiques à ceux trouvés par Finlay et Wilkinson. Les déviations par rapport à la régression sont faibles; néanmoins les hybrides présentent les valeurs les plus fortes. L'échelle de mesure choisie a permis de réduire les déviations inexplicables. Contrairement à Finlay et Wilkinson (1963) qui ont choisi une échelle logarithmique, entraînant ainsi une surélévation des performances dans

INTERPRETATION GENERALE DU TRIANGLE DE FINLAY - WILKINSON (1963)

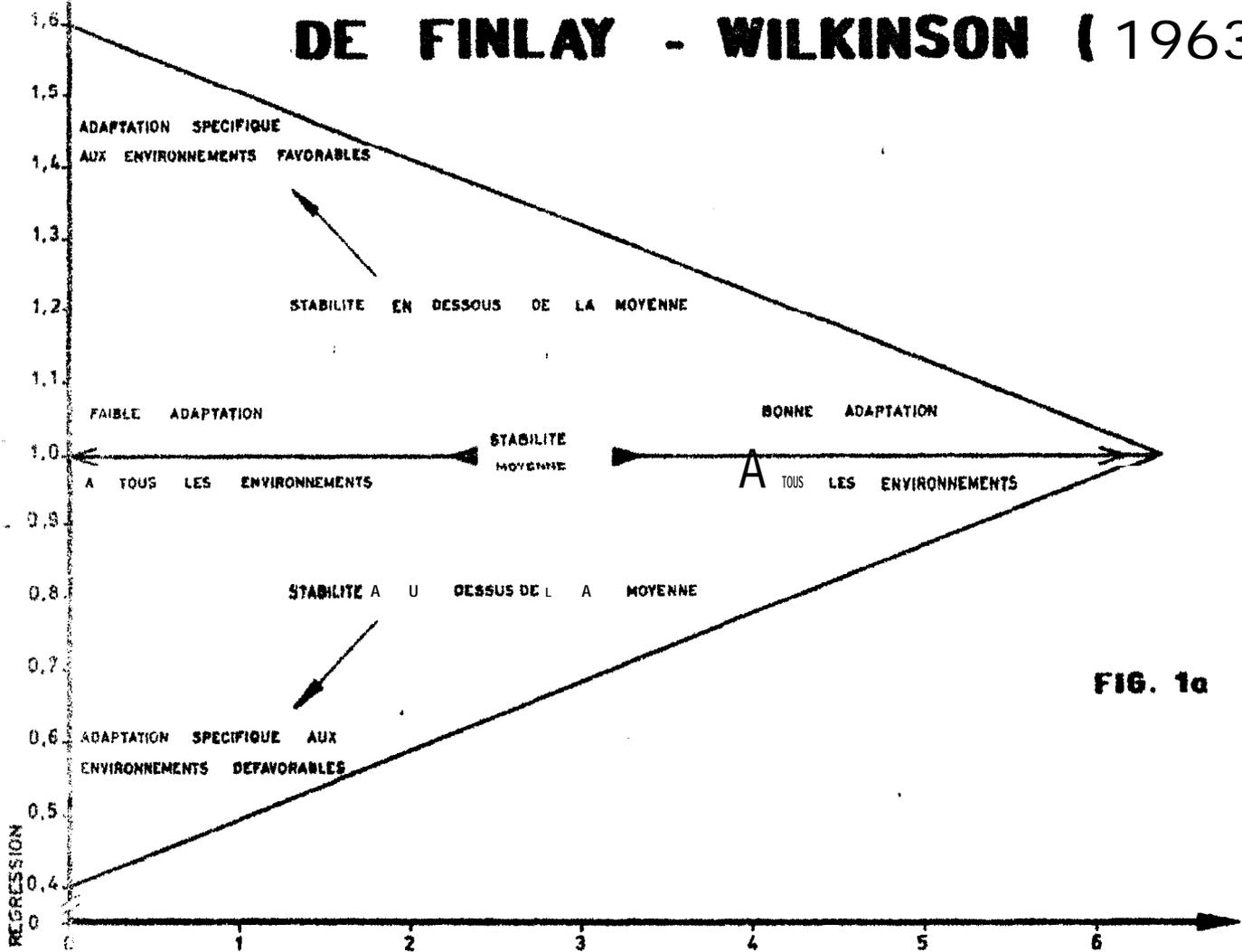


FIG. 1a

RELATION ENTRE LA STABILITE DU RENDEMENT ET LE RENDEMENT MOYEN DE CHAQUE GENOTYPE

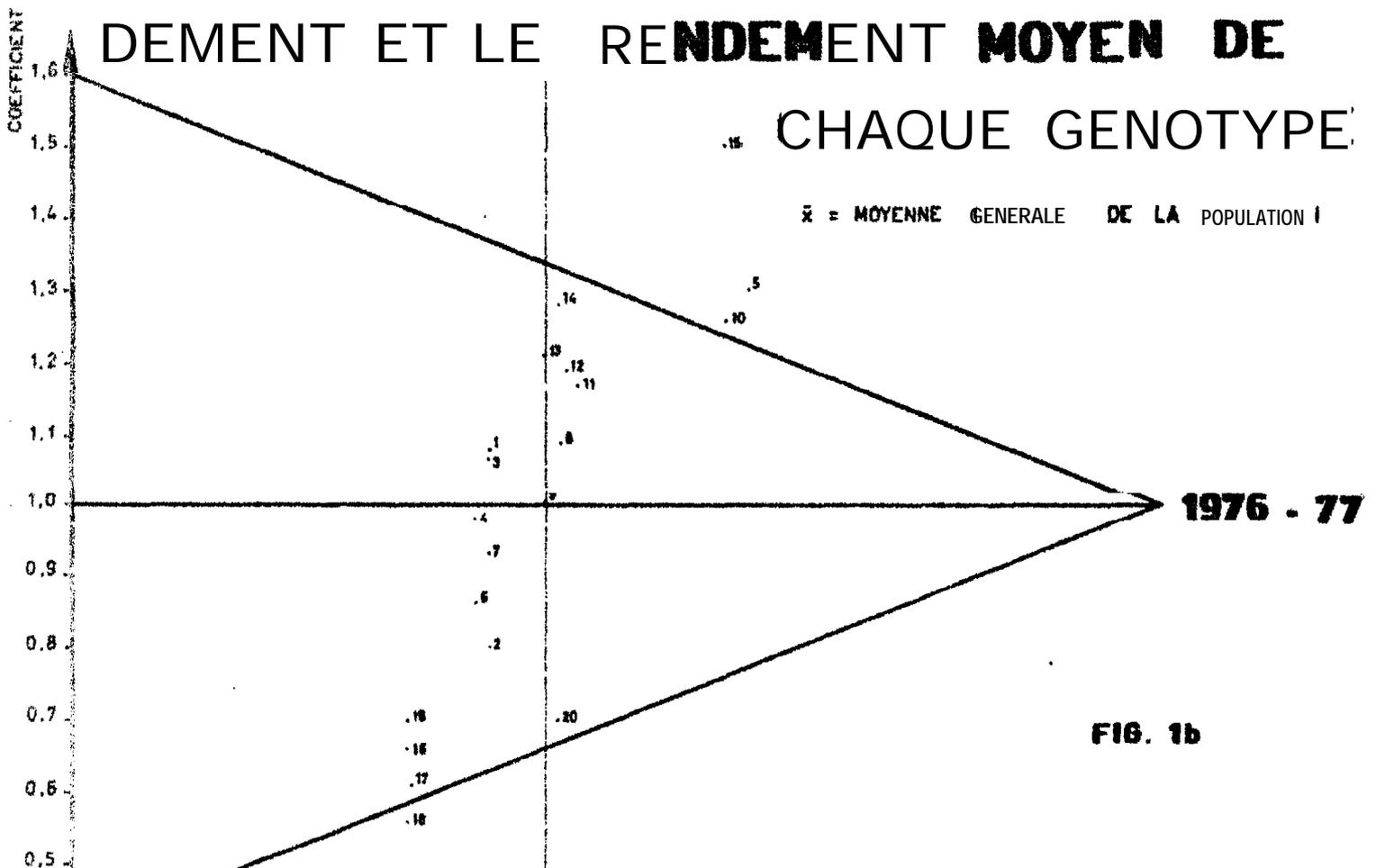


FIG. 1b

FIG. 2

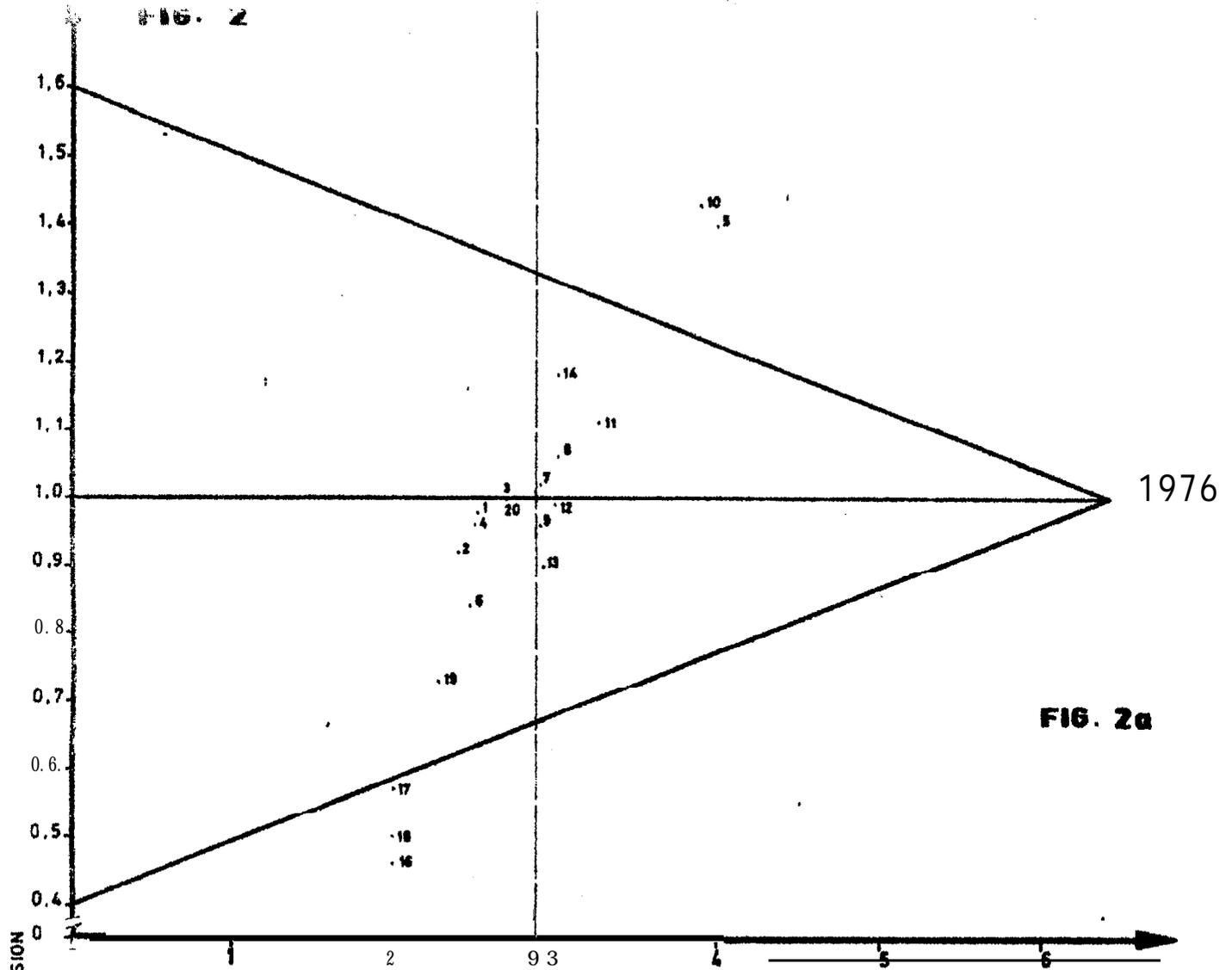


FIG. 2a

RELATION ENTRE LA STABILITE ET LE RENDEMENT MOYEN DE CHAQUE GENO-TYPE

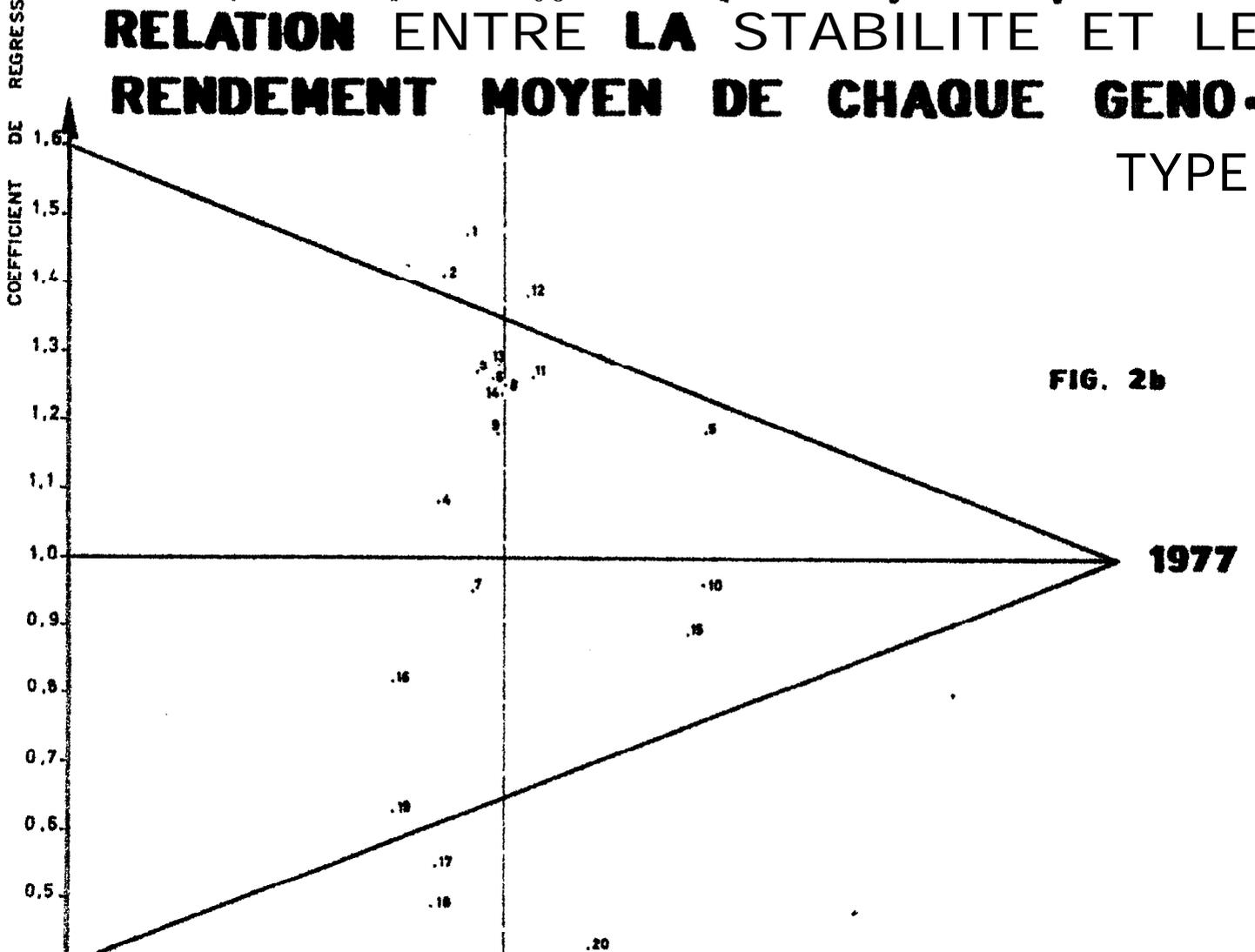


FIG. 2b

Tableau 3: Analyse de variance (Eberhart et Russel 1966)

Source de variation	d.l.	C.M.		
		1976	1977	1976-77
Variétés	19	1,82**	1,59**	1,57**
Environnements (linéaire)	1	209,37**	80,75**	119,31**
Variétés x Environnement (linéaire)	19	0,98	0,79**	0,43**
Déviations cumulées	60	0,68	0,27	0,18
Erreur cumulée	380	0,61	0,52	0,34

TABLEAU 4 : PARAMETRE DE STABILITE (Eberhart et Russel 1966)

	Identification	Rendement moyen (T/ha)			Coefficient de regression			Déviation		
		1976	1977	1976-77	1976	1977	1976-77	1976	1977	1976-77
1	7410-122-5-0	2,75	2,55	2,66	0,98	1,47	1,08	0,34	0,07	- 0,06
2	7410-140-1-1	2,40	2,30	2,67	0,92	1,41	0,80	0,24	0,11	0,25
3	7410-I 22-3-0	2,77	2,51	2,64	1,03*	1,27	1,07	0,15	0,11	- 0,04
4	7410-186-1-0	2,51	2,27	2,40	0,95*	1,08	0,98	0,02	0,16	- 0,02
5	Hybride	4,05	3,94	4,00	1,40*	1,18	1,34	0,53	0,60	0,15
6	7410-122-4-1	2,47	2,63	2,61	0,84	1,26	0,86	0,35	0,02	0,02
7	7410-082-3-0	2,94	2,48	2,71	1,02	0,95	0,93	0,05	0,04	- 0,03
8	7410-233-2-1	3,13	2,73	2,93	1,06	1,25	1,10	0,08	- 0,02	- 0,01
9	7410-231-2-3	2,91	2,68	2,80	0,96	1,18	1,00	0,99	- 0,06	0,12
10	Hybride	3,32	4,84	3,89	1,43	0,96	1,27	0,50	0,49	0,24
11	7410-237-2-2	3,09	3,90	3,08	1,11	1,26	1,17	0,29	- 0,05	0,12
12	7410-230-2-2 NAF		2,33	2,94	0,99	1,38	1,19	0,69	0,12	0,39
13	7410-020-4-0	2,96	2,66	2,81	1,11	1,28	1,21	0,84	0,05	0,22
14	7410-140-1-2	3,10	2,70	2,91	1,19	1,24	1,28	0,28	- 0,06	0,06
15	Hybride	4,02	3,30	3,91	1,72	0,89	1,50	2,81	0,18	0,23
16	7410-157-2-0 NAF	2,10	2,07	2,09	0,46	0,82	0,67	0,07	0,21	- 0,06
17	7410-082-3-i	2,08	2,27	2,17	0,57	0,55	0,61	1,00	0,01	0,15
18	7410-157-3-0	2,07	2,29	2,16	0,50	0,49	0,54	0,97	0,38	0,04
19	7410-088-0-0	2,28	2,06	2,17	0,73	0,45	0,70	0,51	0,29	- 0,05
20	Hybride	2,75	3,21	2,91	1,02	0,40	0,68	0,48	0,84	0,43
		2,88	2,74	2,82						

arithmétique, doublée d'une estimation des rendements en tonnes par hectare, Ceci explique l'excellente linéarité des courbes de regression qui sont toutes présentées aux figures 3,4, 5, 6 et 7.

La courbe de regression des performances d'une population a un coefficient égal à l'unité, Elle est tracée en pointillée sur toutes les figures et permet de caractériser les variétés. La figure 3 regroupe les variétés 8, 11, 12 et 1. 4. Elles ont une position en moyenne au-dessus de la courbe de population, l'année 77 présente néanmoins des variations notables. Ces lignées, avec leur rendement supérieur à la moyenne de la population peuvent être considérées comme ayant une adaptation générale. Les hybrides de la figure 3 se démarquent nettement de la courbe de la population, sauf l'hybride 20 qui a un comportement très assymétrique,

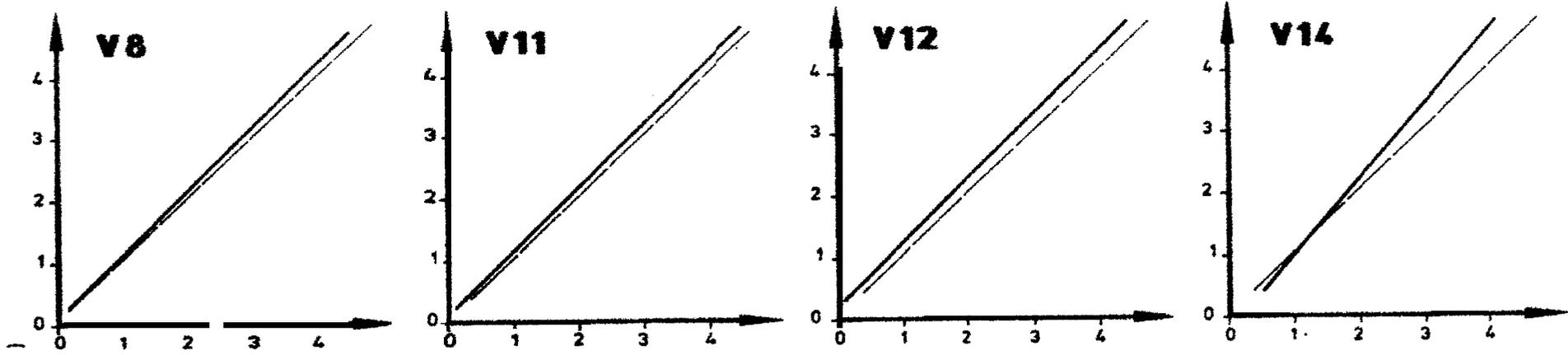
Les hybrides se présentent ainsi spécifiquement adaptés aux sites favorables, avec une stabilité moyenne à inférieure à la moyenne. Les figures 5 et 6 présentent des courbes en moyenne en dessous de la courbe de la population. Leur adaptation oscille de la moyenne aux sites défavorables. Quant à la figure 7, elle montre les lignées ayant le plus varié en tenant compte des deux années. Il est très difficile, sinon peu prudent de vouloir les mettre dans une catégorie donnée. Les figures 8, 9 et 10 illustrent la relation entre la stabilité du rendement exprimé par les coefficients de regression et le rendement de chaque génotype, visualisent pour chaque année, le situation d'ensemble des lignées.

Les indices d'environnement du tableau 5, hiérarchisent les différents sites. Ces déviations par rapport à la moyenne de toutes les lignées à tous les sites présentent une bonne corrélation avec la pluviométrie. Les plus fortes valeurs positives sont trouvées en 1976. La variation d'année à année est significative, mais les sites négatifs (Darou, Nioro) le sont pour les deux ans. Aux sites performants sont également liés les meilleurs rendements variétaux, par exemple à Missirah l'hybride 15 et la lignée 12 donnent respectivement 6. 237 kg/ha et 5. 095 kg/ha.

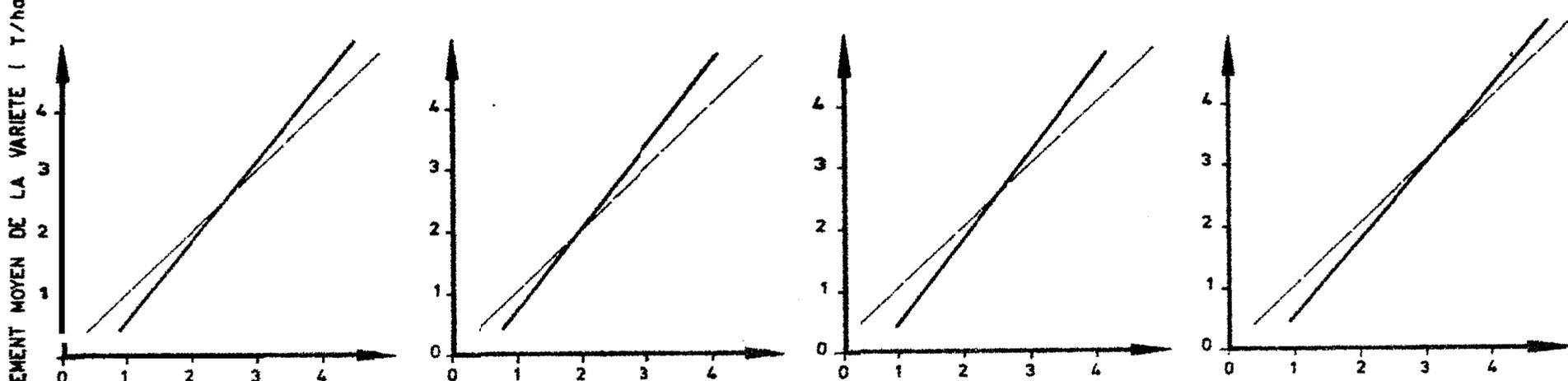
De ces résultats on appréhende l'adaptation des différentes variétés, mais le type d'interaction génotype-environnement n'est pas spécifié. L'efficacité des coefficients de regression comme critère de sélection reste à montrer.

L'analyse de regression combinée (tableau 6) permet de tester l'hétérogénéité entre les regressions. D'abord les variétés et les environnements sont hautement significatives. Au niveau de l'interaction génotype-environnement, on confirme la non-signification de la déviation : la regression linéaire explique toute l'interaction G x E. La caractérisation des lignées par leur coefficient de regression est efficace car l'hétérogénéité n'est pas significative. D'ailleurs aux tableaux 7,8, y nous avons les résultats des regressions au niveau de chaque variété.

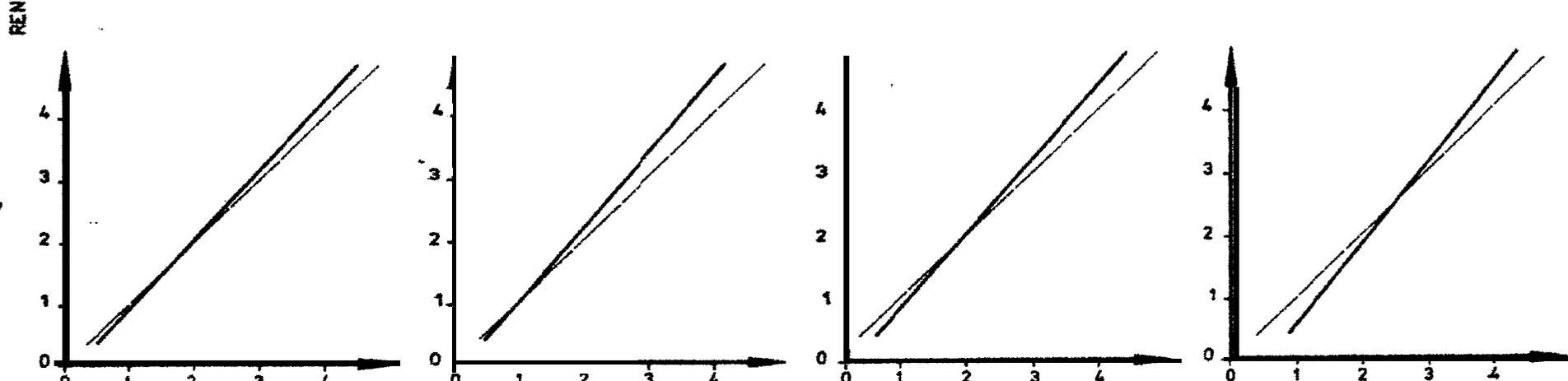
976



977



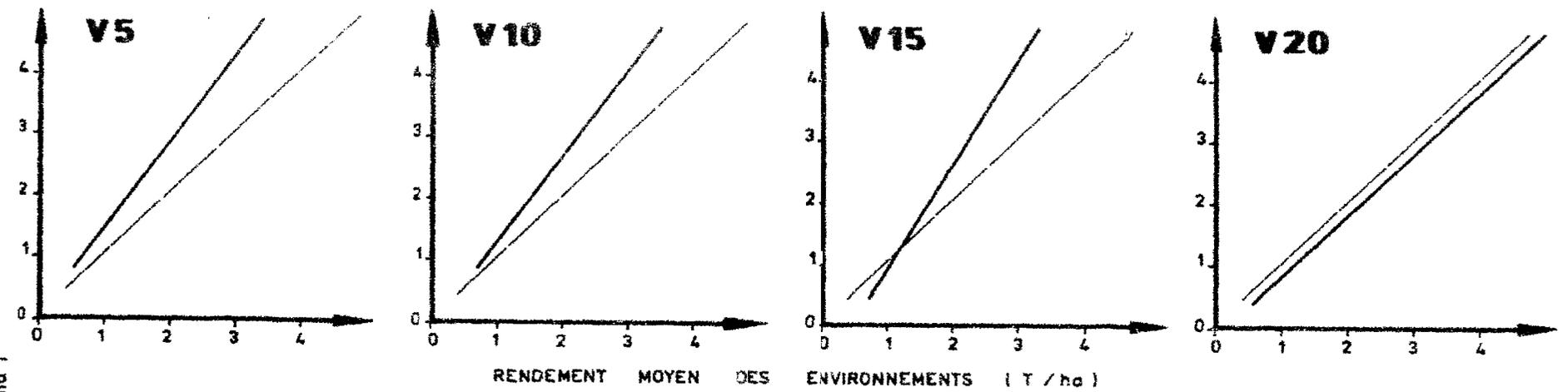
976 - 1977



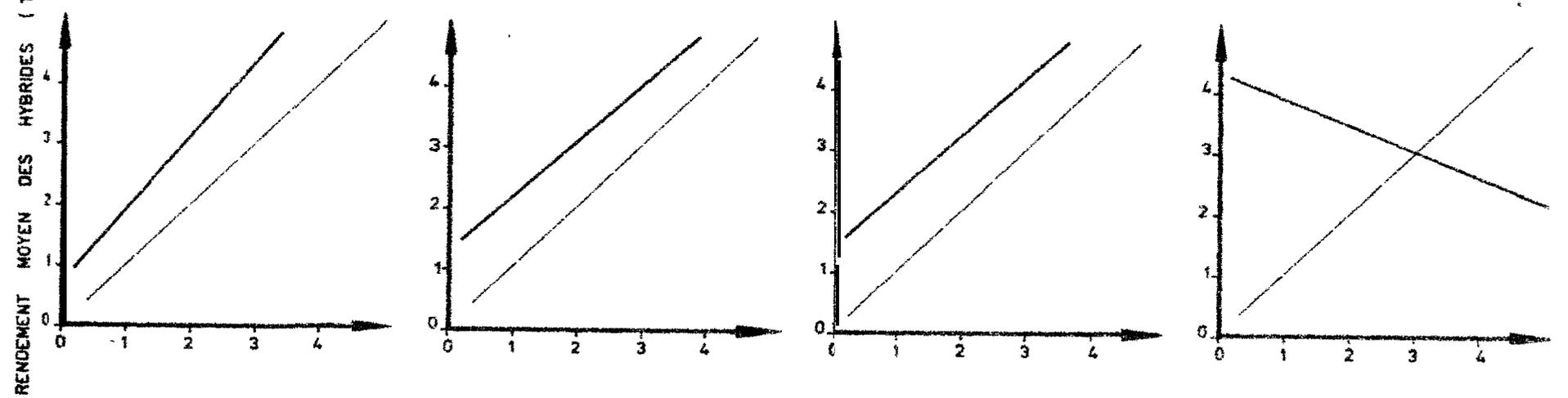
3

COURBES DE REGRESSION DES LIGNES 8 - 11 - 12 ET 14

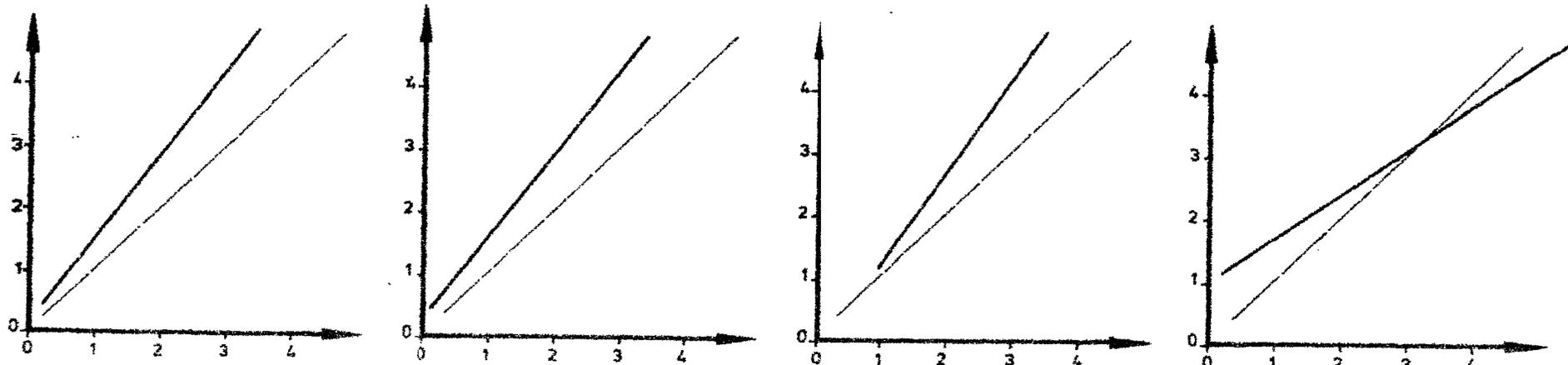
16



17

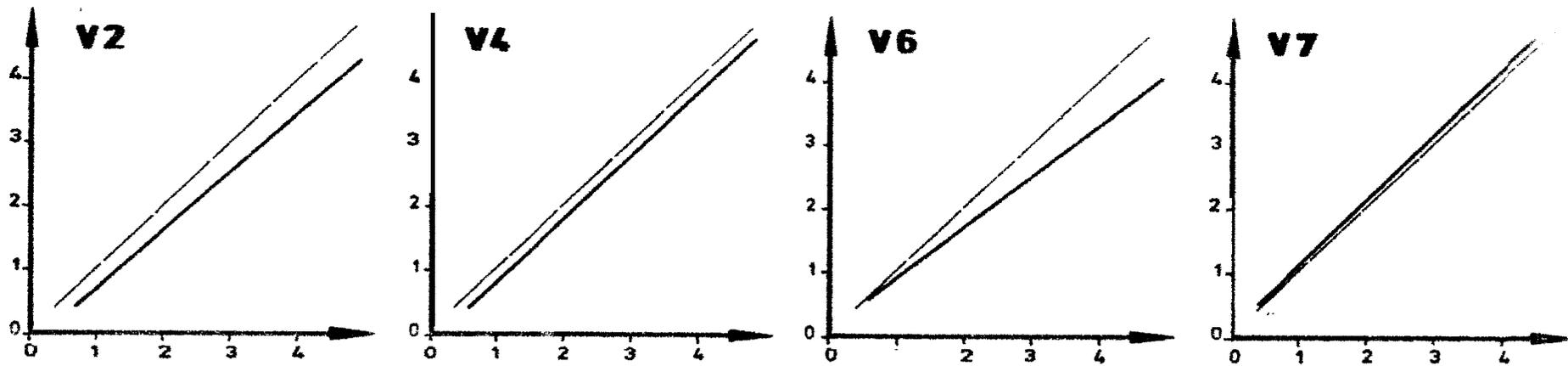


16 - 1977

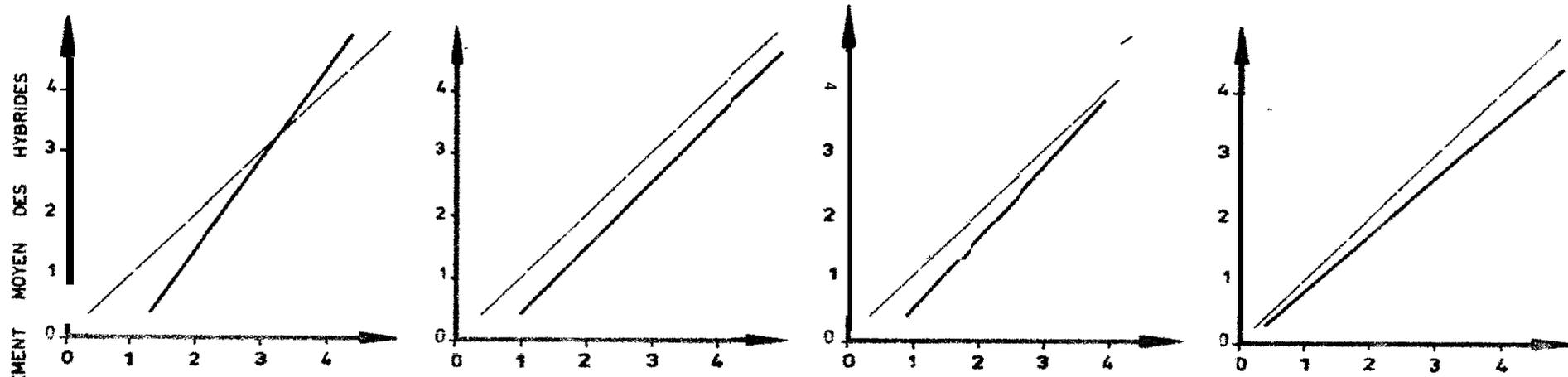


COURBES DE REGRESSION DES HYBRIDES

1976



1977



1976 - 1977

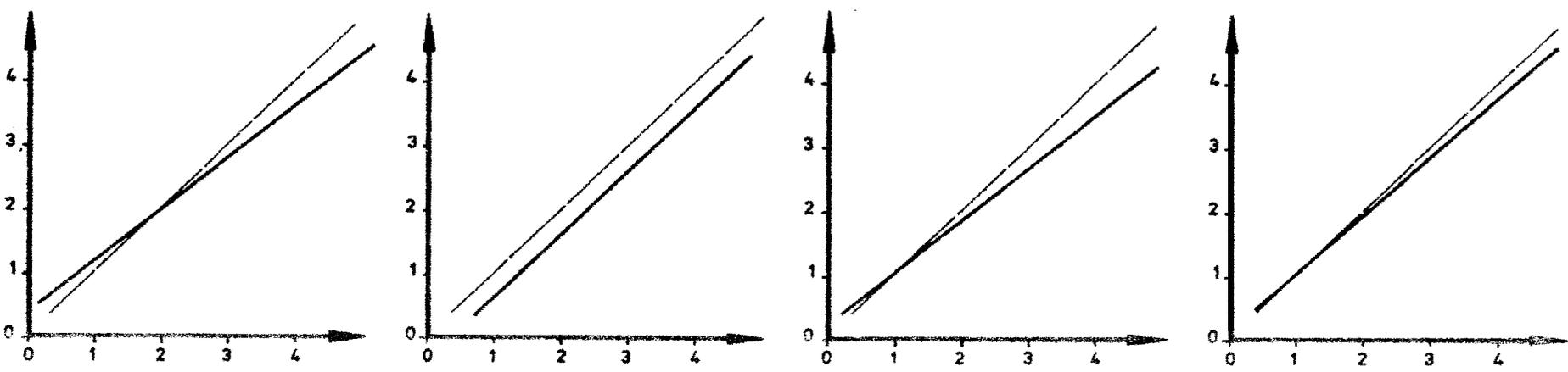
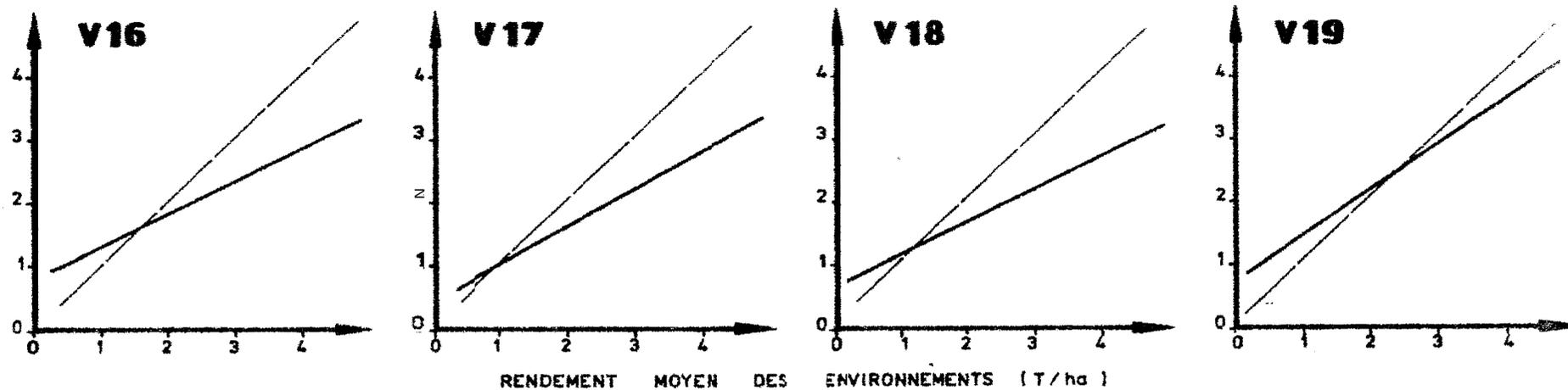


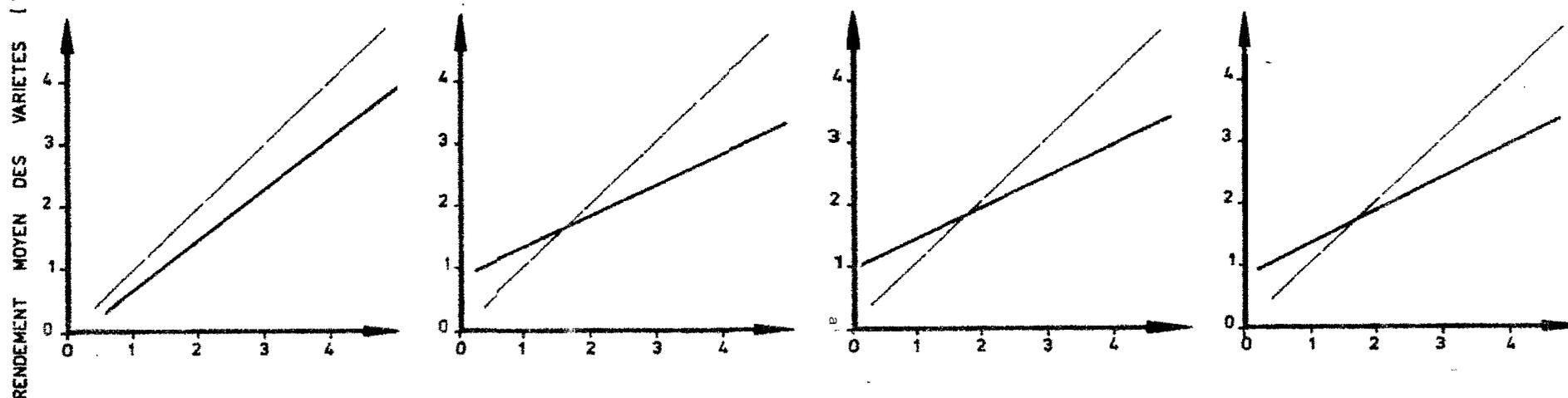
FIG. 5
COURBES DE REGRESSION DES LIGNEES 2-4-6 ET 7

RENDEMENT MOYEN DES ENVIRONNEMENTS (T / ha)

1976



1977



1976 - 1977

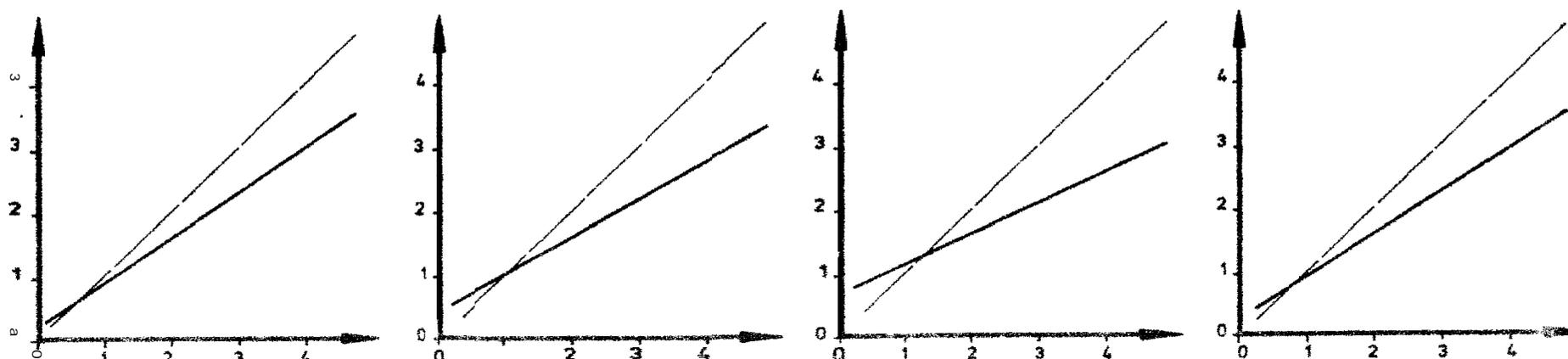
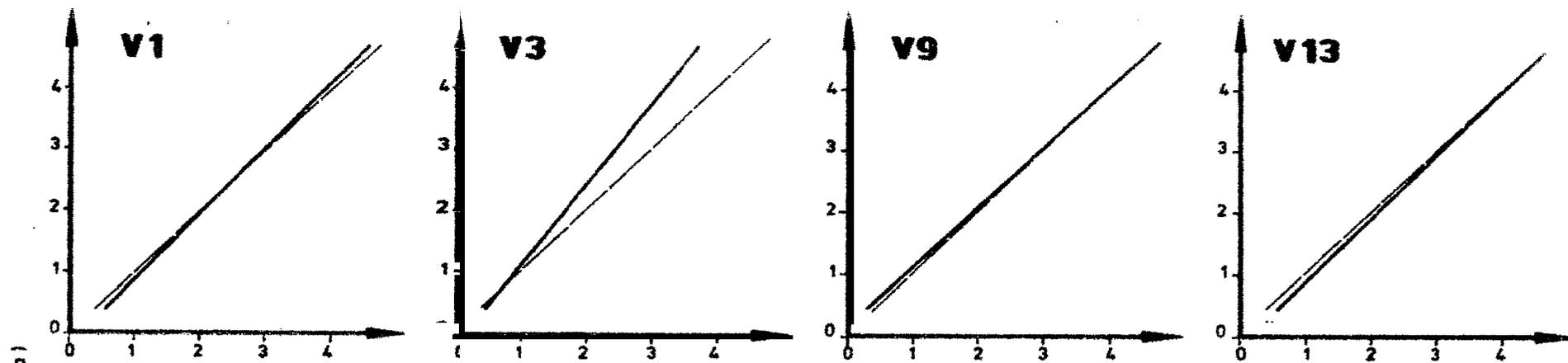
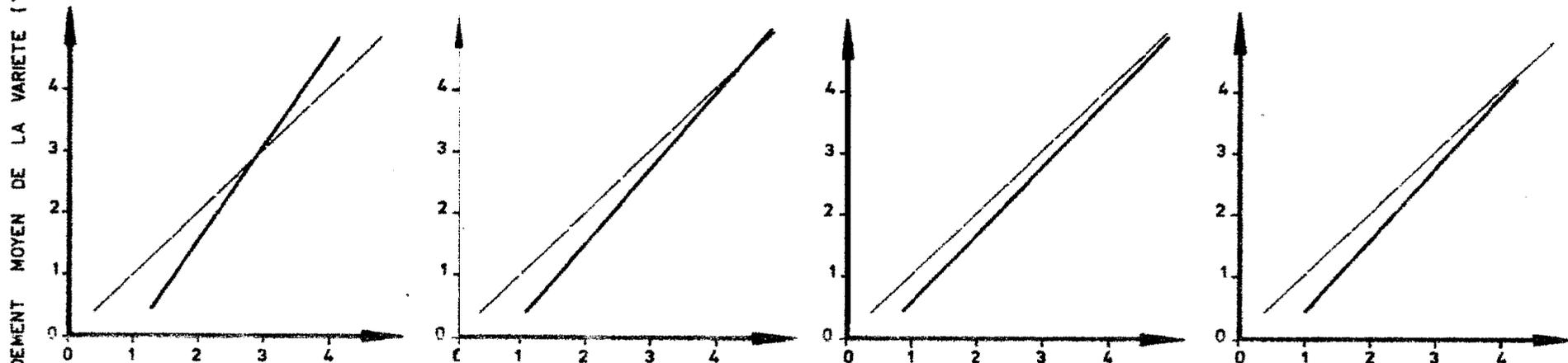


FIG. 6
COURBES DE REGRESSION DES LIGNEES 16 - 17 - 18 ET 19

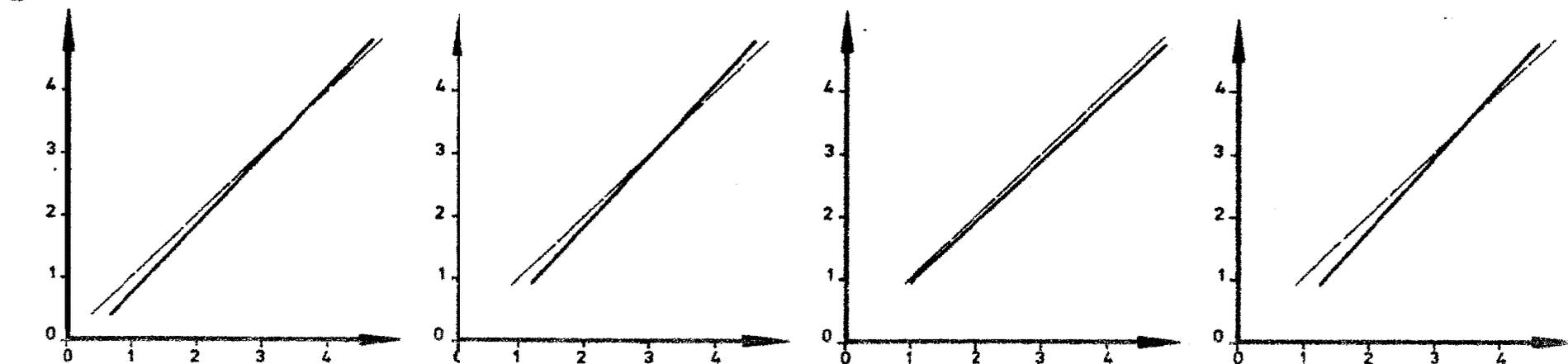
1976



1977

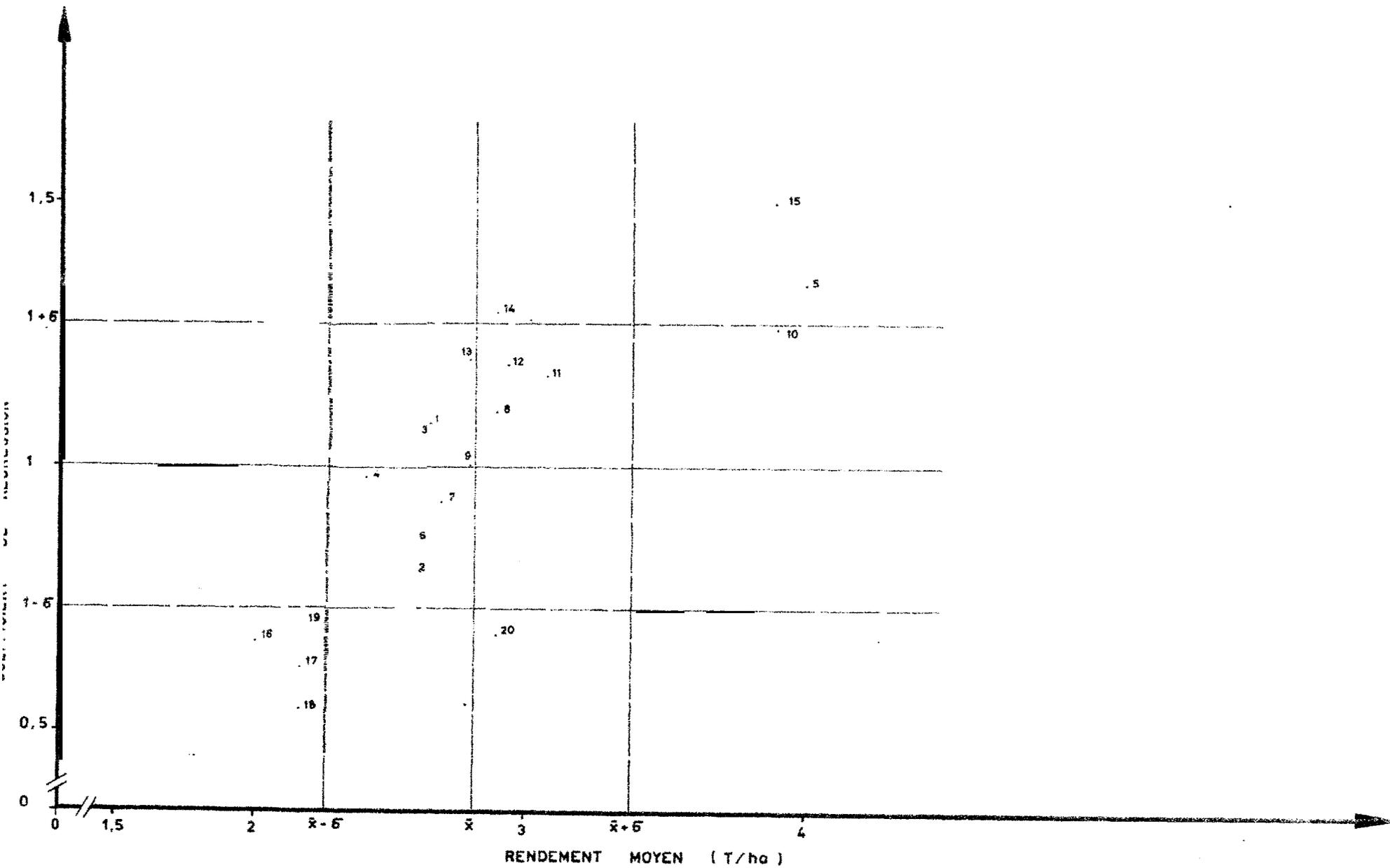


1976 - 1977



16. 7

COURBES DE REGRESSION DES LIGNEES 1 - 3 - 9 ET 13



RELATION ENTRE LA STABILITE DU RENDEMENT ET LE RENDEMENT MOYEN DE CHAQUE GENOTYPE 1976 - 1977

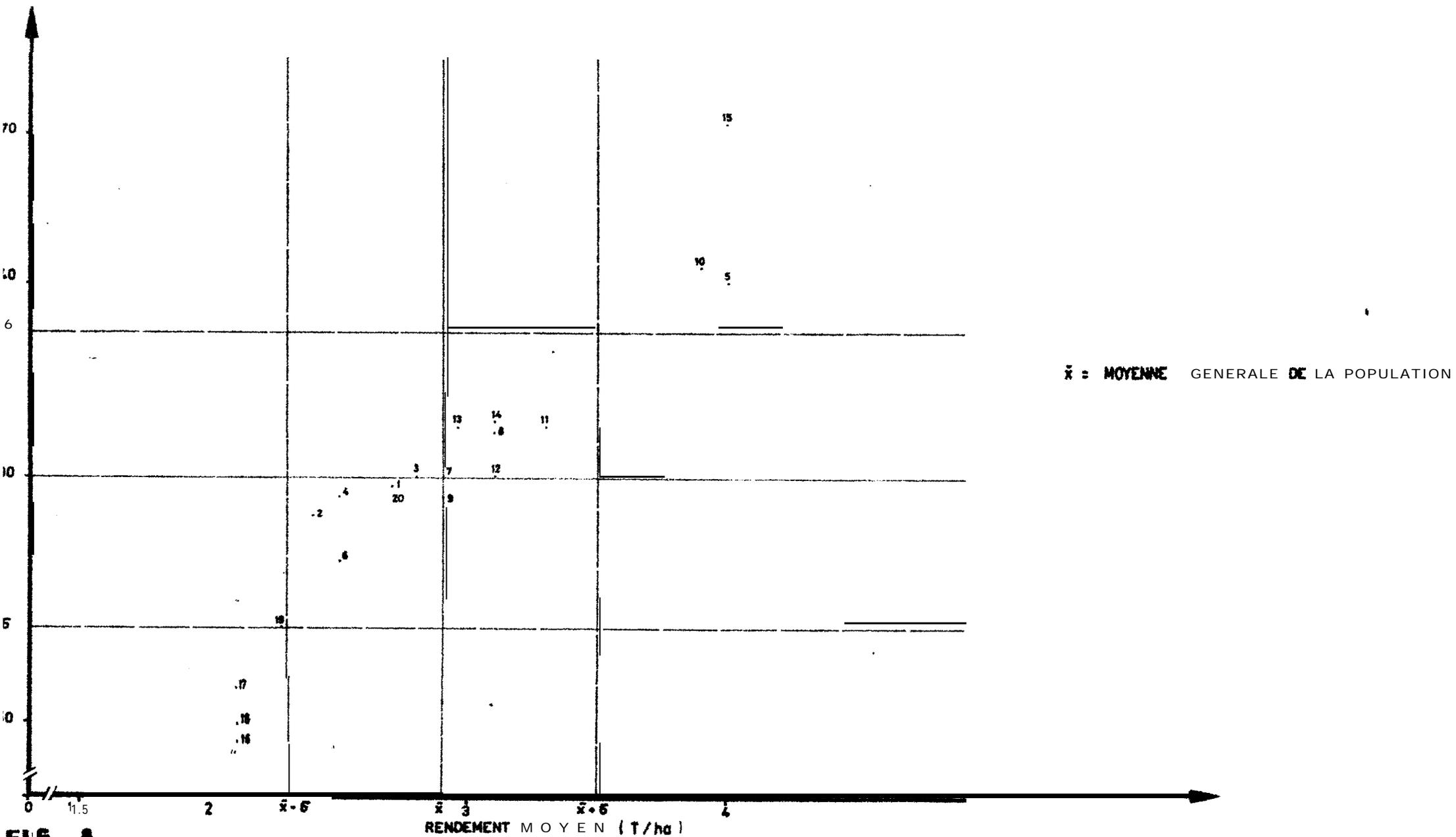


FIG. 8

RELATION ENTRE LA STABILITE OU RENDEMENT CT LE
RENDEMENT MOYEN DE CHAQUE **GENOTYPE** 1976

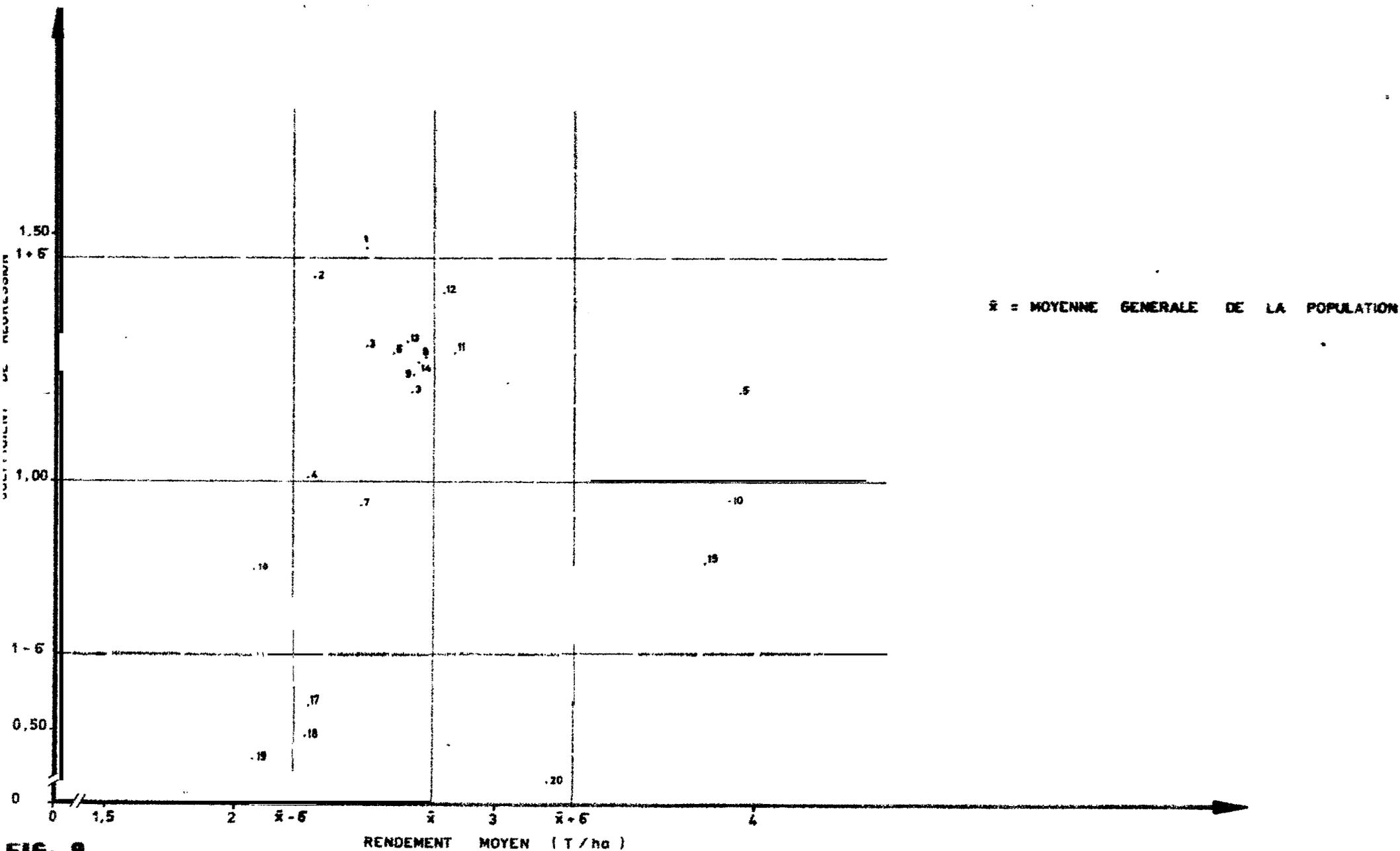


FIG. 9
RELATION ENTRE LA STABILITE DU RENDEMENT ET LE
RENDEMENT MOYEN DE CHAQUE GENOTYPE 1977

Tableau 5 : Indices d'Environnement

	1976	1977	197677
Darou	- 1,48	- 1,55	- 1,54
Maka	1,54	0,20	0,86
Missirah	1,23	0,94	1,07
Nioro	- 1,98	- 0,36	- 1,09
Séfa	0,68	0,76	0,71

Tableau 6 : Analyse de la regression combinée (Yates and Cochran 1938
Freeman 1973)

Source de variation	d.L.	C.M.		
		1976	1977	1976-77
Variétés	19	1,81**	1,60**	1,57**
Environnements	4	52,25**	20,05**	29,84**
Variétés x Environnements	76			
Hétérogénéité entre les regressions	19	00,97	0,80	0,52
Convergence	1	15,84**	0,01	5,48**
Non convergence	18	0,14	0,84*	0,24
Déviations	57	0,25	0,28	0,17
Erreur	380	0,61	0,52	0,34
Yo (point de convergence)		0,88		0,27

Tableau 7 : Analyse de regression au niveau de chaque variété 1976

Source de variation		Regression dl : 1	Déviatiion dl : 3
Variétés			
V 1	7410-1 22-j-0	10,05 *	0,47
V 2	7410-140-1-1	8,83 *	0,35
V 3	7410-122-3-0	11,18 **	0,28
V 4	7410-186-1-0	9,56 **	0,13
V 5	Hybride	20,67 *	0,65
V 6	7410-122-4-1	7,32 *	0,48
V 7	7410-082-3-0	10,85	0,16
V 8	7410-231-2-1	11,74 **	0,21
V 9	7410-231-2-3	9,62 *	1,11
V10	Hybride	21,38 **	0,61
V-11	7410-237-2-2	13,00 *	0,41
V12	7410-230-2-2 NAF	10,21 *	0,81
V13	7410-020-4-0	12,89 *	0,96
V14	7410-140-1-2	14,73 **	0,41
V15	Hybride	31,21 *	2,92 *
V16	7410-157-2-0 NAF	2,17 *	0,19
V17	7410-082-3-1	3,39	1,67
V18	7410-157-3-0	2,62	1,10
V19	7410-088-0-0	5,65	0,63
V20	Hybride	10,57 *	

* Significatif à 5 %

** significatif à 1 %

Tableau 1 : Analyse de regression au niveau de chaque variété : 1977 .

	Source de variation	Regression DL : 1	Déviatiion DL : 3
	Variété		
1	7410-122-5-0	8,76 **	0,17
2	7410-140-1-1	8,04 **	0,20
3	7410-122-3-0	6,45 **	0,21
4	7410-186-1-0	4,71 **	0,26
5	Hybride	5,62 **	0,69
6	7410-122-4-1	6,40 **	0,11
7	7410-082-3-2	3,61 **	0,14
a	7410-231-2-1	6,30 **	0,08
Y	7410-231-2-3	5,62 **	0,03
10	Hybride	3,73 **	0,59
11	7410-237-2-2	6,43 **	0,05
12	7410-230-2-2	7,70 **	0,22
13	7410-020-4-0	6,61 **	0,17
14	7410-140-1-2	6,25 **	0,04
15	Hybride	3,20 *	0,27
16	7410-157-2-u	2,71 ***	0,31
17	7410-082-3-1	1,20	0,32
18	7410-157-3-0	0,98	0,33
19	7410-088-0-0	0,80	0,15
20	Hybride	0,64	0,95

Tableau y : Analyse de régression au niveau de chaque variété 1976-77

Source de variation		Regression dl : 1	Déviations dl : 3
Variétés			
V1	7410-122-5-0	6,95 **	0,003
V2	7410-140-1-1	3,86 *	0,23
V3	7410-122-3-0	6,82 **	0,02
V4	7410-136-1-0	5,77 **	0,04
V5	Hybride	10,77 **	0,20
V6	7410-122-4-1	4,44 **	0,09
V7	7410-082-3-0	5,18 **	0,04
V8	7410-231-2-1	7,20 **	0,05
V9	7410-231-2-3	6,04 **	0,19
V10	Hybride	9,59 *	0,30
V11	7410-237-2-2	8,22 **	0,16
V12	7410-230-2-2	8,53 *	0,45
V13	7410-020-4-0	8,82 **	0,28
V14	7410-140-1-2	9,87 **	0,12
V15	Hybride	13,51 **	0,29
V16	7410-157-2-0	2,67 **	0,01
V17	7410-082-3-1	2,25 *	0,22
V18	7410-157-3-0	1,73 *	0,10
V19	7410-088-0-0	2,96 **	0,02
V20	Hybride	2,73	0,50

Les déviations variétales sont non significatives, confirment aux regressions. L'estimation du carré moyen de la convergence surtout pour 76 et 76-77, explique la majeure partie de l'hétérogénéité entre les regressions. Ceci indique une forte corrélation entre les rendements moyens et la regression. L'estimation du point de convergence se situe en deça des limites de sélection, entraînant par le fait même que la sélection basée sur le rendement des cultivars supérieurs est efficace. Mais il est à noter le comportement exceptionnel de l'année 77, qui se présente presque antinomique à l'année 76.

Le modèle de regression linéaire des effets environnements sur les effets variétaux se révèle capable d'appréhender l'interaction G x E. La linéarité des courbes de regression, la non-signification des déviations, la valeur de la convergence, peuvent nous autoriser à utiliser les coefficients de regression comme critère de sélection, d'autant plus que la forme et le type de l'interaction G x E (additive) ne sont pas limitantes,

CONCLUSION :

Selon la valeur et le type d'interaction G x E, la première question que se pose le sélectionneur reste à savoir si la production d'une variété à large adaptation devrait être abandonnée au profit d'une production de variétés pour des sites spécifiques ou pour des groupes de sites bien définis.

Ceci amène à revoir sommairement les voies choisies jusqu'à data, surtout pour l'amélioration du sorgho. Depuis la découverte par Stephens (1929) de la stérilité mâle chez le sorgho, la voie royale de fabrication d'hybrides a attiré énormément de sélectionneurs. Le succès immense des hybrides de sorgho, surtout aux USA a augmenté la ferveur pour une telle voie. Mais hélas, cet engouement a fait oublier les énormes possibilités que recèlent le sorgho, qui est avant tout une plante autogame. Diverses études ont clairement montré que le potentiel d'utilisation des effets additifs des gènes est loin d'être épuisé. En outre dans nos réalités d'aujourd'hui, où nous sommes loin d'avoir crevé le plafond du rendement des variétés homozygotes, l'arsenal logistique qui accompagne l'insertion d'un matériel hybride en milieu paysan n'existe pas. Nous avons montré que la stabilité n'est pas l'apanage strict de l'hétérozygotie, de même que les hautes performances. L'exploitation de l'hétérosis par les autogames est une réalité.

Ainsi avec tous ces atouts, et considérant surtout la faiblesse de nos moyens, nous supportons pleinement la voie classique de la sélection des sorghos.

Toutefois l'orientation devrait être dirigée, sans ambage, vers une large adaptation. Il est généralement accepté que pour ce faire, la sélection devrait être faite sous les conditions environnementales des futures variétés. Considérant les fluctuations énormes de notre milieu bioclimatologique, la sélection dans les premières générations en plusieurs lieux serait souhaitable. Un environnement donnant de bas rendements, donc considéré comme limitant apparaît être le plus favorable pour une large adaptation (St Pierre et al 1967). Il favoriserait l'expression optimale des gènes d'adaptation et donnerait la plasticité morphologique et physiologique nécessaire à un tel enjeu, Bambey ne devrait plus être le seul point de sélection du matériel dans les premières générations. Seuls des groupes de conditions environnementales différentes favoriseraient la sélection d'excellents génotypes bien adaptés. Et d'ailleurs les fortes corrélations trouvées entre les performances des premières générations et celles des plus avancées suggèrent que ces groupes de conditions environnementales permettraient l'expression optimale de la variabilité génétique du matériel.

Quand le paysan sénégalais, convaincu par ces variétés, aura mesuré à sa juste valeur l'importance du sorgho, force nous est de reconnaître que le temps sera venu pour nous lancer dans d'autres voies. Il nous sera alors donné de dépasser les rendements obtenus et sans nul doute l'amélioration des populations devrait le permettre,

A MERCEMENTS

Mes remerciements les plus profonds au Dr. DENIS qui a bien voulu laisser les résultats bruts des essais multilocaux 1976 et 1977.

Mes remerciements les plus sincères à l'équipe de Sorgho-Sud : Saguèye, NDAO, FALL, DIOP et spécialement aux calculateurs SENE, FALL, SANE qui ont entièrement fait à la main les modèles de Finley-Wilkinson (1963) et Perkins et Jinks (1968).

Une mention très spéciale au bureau de calcul, en la personne du Dr. DIOP et de son assistant SALL, pour la programmation du modèle de Eberhart et Russell (1966) et de l'analyse de variance plurifactorielle.

À Madame THIAM née Aminata NDIAYE, qui a tapé tout le manuscrit, mille et un mércis,~

Jika, (N) 1978

Mesure de l'adaptation du sorgho-grain à différents régimes hydriques
Thèse de Magister Scientiae . Université Laval - Canada.

Johnson, (G.F.) et Whittington (W.J.) 1977

Génotype-environnement interaction effects in F1 barley hybrids,
Euphytica, 26 (1) : 67 - 73.

Majou (B.N.) et DOGGETT (H) 1972

The yield stability of sorghum varieties and hybrids in East African
Environments
East African Agricultural and Forestry Journal : 179 - 192.

Mather, (K) 1953

The genetical control of stability in development
Heredity 7 : 297 - 336

Perkins, (J.M.) et Jinks (J.L.) 1968

Environmental and genotype - environmental components of variability
III Multiple lines and crosses
Heredity 23 : 359 - 56

Plalick, (R.L.) et Peterson, (L.C.) 1959

A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently
in different locations or seasons
Amer. Potato J: 36 : 381 - 385

Reich (V.H.) et Atkins (R.E.) 1970

Yield stability of four population types of grain sorghum, sorghum bicolor
(L) Moench, in different environments
Crop. Sci, 10 : 511 - 517

St. Pierre (C.A.), Klinck (H.R.) et Gauthier (F.M.) 1967

Early generation selection under different environments as it influences
adaptation of barley
Can. J. Plant Sci. 47 : 507 - 517

Shukla (G.K.) 1972

Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components
of variability
Heredity 29 : 237 - 245

SY, (A.Z.) 1978

Recherche sur le mildiou du mil (sclerospora graminicole)
Resultats de la campagne agricole : 1977 CNRA-- BAMBEY Sénégal.

ANNEXE

ANNEXE TABLEAU 1.

RENDREMENT EN GRAINS DES 20 VARIETES
-(Tonne/ha) 1976

ENTREE	IDENTIFICATION	DAROU	ILKA	MISSIRAH	NIORO	SEPI	MOYENNE DES VARIETES
1	7410 - 122-5-0	1,55	5,07	3,66	0,80	2,66	2,75
2	" - 140-1-1	1,35	4,51	3,28	0,50	2,37	2,40
3	" - 122-3-0	1,71	4,69	4,15	0,47	2,82	2,77
4	" - 186-1-0	1,45	4,19	3,77	0,42	2,77	2,52
5	H Y B R I D E	1,17	6,86	6,56	2,08	4,60	4,05
6	7410- 122-4-1	1,62	4,45	3,40	0,70	2,16	2,47
7	" - 082-3-0	1,75	4,94	3,91	0,74	3,33	2,93
8	" - 231-2-1	1,81	4,91	3,89	0,77	4,27	3,13
9	" - 231-2-3	1,61	5,02	2,65	0,83	4,46	2,91
10	H Y B R I D E	1,06	5,35	6,31	1,54	5,20	3,89
11	7410- 237 - 2 - 2	1,99	4,66	5,52	0,91	3,55	3,32
12	" 230-2-2 MAF	1,63	3,59	5,48	1,05	3,70	3,09
13	" 020-4-0	1,45	4,29	5,60	0,79	2,66	2,96
14	" 140- 1- 2	1,23	4,18	5,35	0,77	3,99	3,10
15	H Y B R I D E	1,01	5,53	8,50	1,10	3,96	4,02
16	7410 - 157 - 2-0 MAF	1,35	2,76	2,24	1,16	3,02	2,11
17	" 082- 3 - 1	1,16	2,91	1,65	0,77	3,90	2,08
18	" 157- 3 - 0	1,46	2,85	1,54	0,74	3,77	2,07
19	" 088- 0 - 0	1,01	2,95	2,72	0,73	3,98	2,28
20	H Y B R I D E	0,71	4,66	3,12	1,10	4,16	2,75
	MOYENNE DES LILUX	1,40	4,42	4,11	0,90	3,57	2,88

ENTREES :	IDENTIFICATION	DAROU	MAK.	KISSIRAM	NIORO	SIBA	MOYENNE DES	MOYENNE DES
:	:	:	:	:	:	:	VARIES	VARIES
1	7410 122-5-0	0,37	2,26	3,93	2,10	4,09		2,55
3	7410 140 - 1 - 1	0,28	2,42	3,31	1,50	4,00	2,3	30
4	7410 7410 186 122 - - 31 - 0 0	0,44	2,48	2,61	2,07	4,11		2,51
5	67410 H Y B R I D E 122-4-1	2,11	3,95	4,16	3,50	5,97		3,94
		0,65	2,46	4,05	2,51	3,49		2,63
7	7410 082 - 3 - 2	0,87	2,46	3,02	2,49	3,56		2,48
8	7410 231 - 2 - t	0,88	2,56	4,08	2,36	3,78		2,73
9	7410 231 - 2 - 3	0,78	2,80	3,92	2,51	3,40		2,68
10	H Y B R I D E	2,47	3,17	4,51	3,86	5,50		3,90
11	7410 237 - 2 - 2	0,90	2,95	4,29	2,48	3,58		2,84
12	7410 230 - 2 - 2	0,86	2,89	4,71	2,09	3,45		2,80
13	7410 020 - 4 - 0	0,67	3,23	3,92	2,10	3,41		2,66
14	7410 140 - 1 - 2	0,90	3,04	4,03	1,98	3,56		2,70
15	H Y B R I D E	2,20	4,35	3,94	3,67	4,84		3,80
16	7410 157 - 2 - 0	0,88	2,77	3,21	1,39	2,11		2,07
17	7410 082 - 2 - 3 - 1	1,39	2,85	2,83	1,92	2,35		2,27
18	7410 157 - 3 - 0	1,63	2,54	3,39	1,77	1,90		2,25
19	7410 088 - 0 - 0	1,36	2,59	3,01	1,78	1,57		2,06
20	H Y B R I D E	3,48	4,28	3,02	3,54	1,75		3,21
	MOYENNE DES LIEUX	1,19	2,94	3,66	2,38	3,50		2,73

ANNEXE TABLEAU 3

RENDREMENT EN GRAINS DES 20 VARIETES
(Tonne/ha) 1976-1977

ENTREES	IDENTIFICATION	DAROU		MAKA	MISSIRAH	NIORC	SIFA SE		MOYENNE DES VARIETES
		X	X	X	X	X	Y	Y	
2	7410 122 - 5 - 0	1,01	3,52	3,79	1,46	3,37	3,19	2,66	
3	7410 7410 122 - 1 - 1	0,82	1,15	3,58	3,73	2,51	1,26	3,46	2,67
4	7410 186 - 1 - 0	0,95	3,48	3,19	1,21	3,18	3,46	2,64	
6	HYBRIDE	1,64	5,41	4,86	2,79	5,28			
7								2,40	
8	7410 7410 082 - 4 - 1	1,31	3,43	3,73	3,99	1,56	1,89	1,61	3,44
Y	7410 231 - 2 - 3	1,20	3,91	3,28	1,67	3,93			2,71
10	740 H 237 R I D E	1,77	4,26	5,41	2,70	5,35			2,93
11	7410 230 - 2 - 2	1,44	3,01	4,90	1,70	3,57			2,80
12	- 2 - 2	1,25	3,24	5,09	1,57	3,58			3,90
13	7410 020 - 4 - 0	1,06	3,76	4,76	1,44	3,03			3,09
14	7410 140 - 1 - 2	1,06	3,61	4,71	1,38	3,78			2,94
15	HYBRIDE	1,60	4,94	6,24	2,38	4,41			2,81
16	7410 157 - 2 - 4	1,12	2,77	2,72	1,28	2,56			2,91
17	7410 082 - 3 - 1	1,27	2,88	2,24	1,34	3,13			3,91
18	7410 157 - 3 - 0	1,55	2,70	2,47	1,25	2,83			2,09
19	7410 088 - 0 - 0	1,19	2,77	2,86	1,26	2,77			2,17
20	HYBRIDE	1,72	4,47	3,07	2,32	2,95			2,16
	MOYENNE DES LIEUX	1,28	3,68	3,89	1,73	3,53			2,17

COMPOSANTE GENETIQUE ADDITIVE - Interaction G X E (Perkins et Jinks 1968)

VARIETES	: DAROU : MAYA : NISIRIM : MIORO : SEFA :						di
	: di + gij						
7410-122-5-0	0,14	0,65	- 0,46	- 0,10	- 0,91	-0,13	- 0,02
7410-140-1-1	- 0,05	0,09	- 0,83	- 0,40	- 1,20	-0,48	- 0,08
7410-122-3-0	0,30	0,27	0,04	- 0,43	- 0,75	-0,11	0,03
7410-186-1-0	0,05	0,22	- 0,34	- 0,47	- 0,80	-0,36	- 0,04
Hybride	- 0,23	2,44	1,44	1,18	1,03	1,17	- 0,40
7410-122-4-i	0,21	0,04	- 0,72	- 0,20	- 1,40	-0,41	0,16
7410-082-3-0	0,34	0,52	- 0,21	- 0,16	- 0,24	0,05	0,17
7410-231-2-1	0,40	0,49	- 0,22	- 0,13	0,71	0,25	0,06
7410-231-2-3	0,21	0,61	- 1,46	- 0,07	0,89	0,03	- 0,04
Hybride	- 0,35	0,93	2,19	0,65	1,63	1,01	0,43
7410-237-2-2	0,58	0,24	1,40	0,01	- 0,01	0,44	0,11
7410-230-2-2 NAF	0,23	0,83	1,37	0,15	0,14	0,21	- 0,01
7410-020-4-0	0,05	- 0,13	1,48	- 0,11	- 0,91	0,08	0,11
7410-140-1-2	- 0,18	- 0,24	1,24	- 0,13	0,743	0,22	0,19
Hybride	- 0,40	1,12	4,38	0,20	0,41	1,14	0,72
7410-157-2-0-NAF	- 0,05	- 1,66	- 1,88	0,26	- 0,54	- 0,77	- 0,54
7410-0112-3-1	0,25	- 1,51	- 2,46	- 0,13	0,33	- 0,80	- 0,43
7410-088-0-0	0,39	- 1,47	- 1,39	- 0,16	0,41	- 0,60	- 0,27
Hybrido	- 0,69	0,24	- 0,99	0,20	0,59	- 0,13	0,02
fj	- 1,48	1,54	1,23	- 1,98	0,69		
fj ²	2,18	2,36	1,52	3,92	0,47		

COMPOSANTE GÉNÉTIQUE ADDITIVE - Interaction G X E - (Perkins et Jinks 1968)

VARÉTÉS	Daron	Naka	Miscirah	Nioro	SEFA	di	σ^2
	di + g _{ij}						
7410-122-5-0	- 0,81	- 0,68	- 0,26	- 0,27	-0,59	- 0,18	0,47
7410-140-1-1	- 0,90	- 0,52	- 0,35	- 0,88	0,50	- 0,43	0,41
7410-122-3-0	- 0,59	- 0,46	- 0,35	- 0,31	0,61	- 0,22	0,27
7410-136-1-0	- 0,74	- 0,18	- 1,11	- 0,39	0,08	0,46	0,09
Hybride	0,93	1,01	0,50	1,12	2,47	1,21	0,18
7410-122-4-1	- 0,54	- 0,48	0,39	0,13	- 0,00	0,10	0,26
7410-082-3-2	- 0,31	- 0,48	- 0,64	0,11	0,06	- 0,25	- 0,05
7410-231-2-1	- 0,31	- 0,38	0,42	0,02	0,28	- 0,03	- 0,25
7410-231-2-3	- 0,41	- 0,14	0,26	0,13	- 0,10	- 0,05	- 0,18
Hybride	1,28	0,23	0,84	1,48	1,10	1,16	- 0,04
7410-237-2-2	- 0,29	0,01	0,63	0,10	0,08	0,11	0,26
7410-230-2-2	- 0,33	- 0,05	1,05	- 0,29	- 0,05	0,06	0,38
7410-020-4-0	- 0,51	0,29	0,26	- 0,28	- 0,09	- 0,07	0,28
Hybride	1,01	1,41	0,25	1,29	1,34	1,06	- 0,11
7410-157-2-0	- 0,30	- 0,17	- 0,45	- 0,99	- 1,39	- 0,66	- 0,17
7410-082-3-1	0,20	- 0,09	- 0,83	- 0,46	- 1,14	- 0,47	- 0,45
7410-157-3-0	0,45	- 0,40	- 0,26	- 0,61	- 1,60	- 0,49	- 0,50
7410-088-0-0	0,17	- 0,35	- 0,66	- 0,60	- 1,93	- 0,67	- 0,55
Hybride	2,29	1,34	- 0,64	1,16	- 1,75	0,48	- 1,40
fj	- 1,55	0,21	0,93	- 0,35	0,77		
fj ²	2,40	0,04	0,86	0,12	0,59		

ANNEXE TABLEAU 6 - 1976/77

COMPOSANTE GENETIQUE ADDITIVE - Interaction G X E - (Perkins et Jinks 1968)

VARIEITES	DAROU	MAKA	MISSIRAH	NIORO	SEFA	di	
			di+gij				
7410-122-5-0	- 0,27	- 0,02	- 0,10	- 0,27	- 0,16	0,16	0,03
7410-140-3-0	- 0,46	- 0,16	- 0,59	0,78	- 0,35	-0,16	- 0,19
7410-122-3-0	- 0,12	- 0,10	- 0,16	- 0,47	- 0,07	0,18	0,07
7410-186-1-0	- 0,33	- 0,21	- 0,70	- 0,52	- 0,36	-0,42	- 0,02
Hybride	0,36	1,72	0,97	1,06	1,75	1,17	0,34
7410-122-4-1	- 0,11	- 0,23	- 0,17	0,16	- 0,70	-0,22	- 0,15
7410-082-3-0	0,03	0,04	- 0,42	- 0,11	- 0,09	-0,11	- 0,07
7410-231-2-1	0,06	0,05	0,10	- 0,16	0,49	0,11	0,10
7410-231-2-3	- 0,08	0,23	- 0,60	- 0,06	0,40	-0,02	0,04
Hybride	0,49	0,57	1,52	0,97	1,81	1,07	0,26
7410-237-2-2	0,16	0,12	1,01	- 0,03	0,03	0,26	0,17
7410-230-2-2	- 0,03	- 0,45	1,20	- 0,16	0,04	0,12	0,19
7410-020-4-0	- 0,22	0,07	0,87	- 0,28	- 0,50	-0,01	0,21
7410-140-1-2	- 0,21	- 0,07	0,82	- 0,35	0,24	0,08	0,28
Hybride	0,32	1,26	2,35	0,65	0,88	1,09	0,50
7410-157-2-0	- 0,16	- 0,92	- 1,17	- 0,45	0,97	-0,73	- 0,10
7410-082-3-1	- 0,01	- 0,80	- 1,65	- 0,39	- 0,41	-0,65	- 0,38
7410-157-3-0	0,27	- 0,99	- 1,42	- 0,48	- 0,70	-0,66	- 0,46
7410-088-0-0	- 0,09	- 0,91	- 1,03	- 0,47	- 0,76	-0,65	- 0,29
Hybride	0,44	0,79	- 0,82	0,59	- 0,58	0,08	- 0,32
fj	- 1,54	0,86	1,07	- 1,09	0,71		
fj ²	2,38	0,74	1,14	1,20	0,50		