

Application de l'analyse factorielle des correspondances à l'étude de l'élaboration des rendements en Maïs grain en milieu paysannal malgache

François VICARIOT
Agronome de l'ORSTOM
Services Scientifiques Centraux
70-74 route d'Aulnay, 93140 Bondy

RÉSUMÉ

A l'occasion d'une recherche d'accompagnement menée conjointement au lancement d'une opération de vulgarisation, l'auteur tente de montrer comment une équipe de recherche a essayé, grâce à un dispositif permanent d'observation au champ et l'utilisation de l'analyse factorielle des correspondances de répondre aux principales questions qui se posaient tant aux responsables de l'opération qu'aux agriculteurs eux-mêmes.

La démarche utilisée, le suivi agronomique, est illustrée ici par l'exemple de l'élaboration des rendements en Maïs grain.

L'analyse débouche sur une hiérarchisation des facteurs techniques de production qui permet de guider, réorienter, voire régionaliser les efforts de la vulgarisation.

CADRE DE L'ETUDE

Après avoir consacré de nombreux efforts à l'Opération de Productivité Rizicole (OPR) ainsi qu'à l'Opération de Développement du Moyen-Ouest (ODEMO) dont un des objectifs est de délester cette région surpeuplée qu'est l'Imerina Centrale considérée comme zone de départ vers le Moyen-Ouest, le Gouvernement Malgache tenta en 1969 une opération qui devrait résoudre certains problèmes cruciaux commençant à se manifester dans cette zone.

Il s'agit de faire face aux besoins croissants de produits vivriers, en substituant au système de cultures traditionnelles existant sur les Tanety (1) un système voisin plus productif et intensif, obtenu par la rationalisation des techniques culturales et des rotations. Ce système, localisé géographiquement, reçut le nom de « Secteur modernisé de Cultures sèches » ou S.M.C.S.

(1) Terres de Collines des Hauts Plateaux.

ABSTRACT

On the happening of an attending research, carried out together with a vulgarisation action, the author hopes to show how a research team tried, through a permanent device of observation on the field, and use of the factorial analysis of correspondances, to give an answer to the main questions which set to the managers of the operation as well as the farmers themselves.

The step used, named the « suivi agronomique », is here illustrated through the example of elaboration of Maize production.

The analysis issues to a hierarchisation of technical factors of production which allows to drive, reset or regionalise the action of vulgarisation.

Les objectifs de cette opération sont multiples, ils forment un ensemble cohérent recouvrant quatre aspects :

— Ceux relatifs au foncier : amélioration de la fertilité d'une part, des surfaces cultivées d'autre part, grâce à l'apparition d'une sole fourragère ;

— Ceux relatifs aux techniques de production : mise en place d'un assolement rationnel et plus intensif que le précédent par l'amélioration des techniques culturales ;

— Ceux relatifs au calendrier et travail agricoles : amélioration du calendrier cultural et diminution des temps de travaux par le développement de la culture attelée et l'augmentation de l'efficacité du travail manuel.

— Ceux relatifs à l'économie de la production agricole par transformation réciproque des produits animaux et végétaux, et par introduction possible de cultures de rente ou vente des produits vivriers devant aboutir à la création d'un revenu monétaire agricole suffisant

pour permettre au système de culture et à l'opération de s'autofinancer (2).

Forts d'expériences précédentes, les responsables sont conscients qu'ils vont se heurter à trois difficultés :

— la déformation des normes proposées, à travers le dispositif de vulgarisation ;

— la vitesse d'adoption de ces normes exprimée par le pourcentage « d'adhérents » (paysans appliquant partie ou totalité des thèmes) ;

— la qualité de la réponse de ces adhérents, c'est-à-dire la déformation apportée dans le degré d'application des thèmes au niveau de la parcelle.

Si les deux premières difficultés peuvent être contrôlées ou calculées, la troisième doit être mesurée. C'est l'objet du suivi agro-économique qui fut réalisé par les agronomes de l'ORSTOM à Tananarive, et qui est illustré ici par l'exemple du Maïs, culture proposée comme tête d'assolement du « secteur modernisé de cultures sèches ».

HYPOTHESES ET OBJECTIFS

Ce secteur modernisé de cultures sèches devant se substituer progressivement (3) au secteur de cultures sèches traditionnelles résulte dans sa conception d'un compromis entre des objectifs régionaux de développement et les possibilités théoriques et pratiques des agriculteurs en matière de modification de leur comportement technique.

D'autre part, bien que ces agriculteurs en soient à des degrés divers de technicité, la norme proposée est unique et homogène. L'effort consenti sera donc très variable, ce qui augmente la probabilité d'avoir une gamme de réponses étendue. D'autres hypothèses ont été formulées concernant l'affectation des surplus monétaires attendus, l'affectation du travail familial disponible entre les quatre secteurs principaux d'activité de la famille (riziculture, cultures sèches traditionnelles, cultures sèches améliorées, et activités extra agricoles (4)) et plus généralement l'affectation des moyens de

(2) La vente des surplus agricoles doit permettre au paysan de se passer progressivement des crédits de campagne destinés à l'achat d'engrais et de petit matériel. Le volume des taxes prélevées par l'Etat sur les transactions de produits et matériels doit permettre de compenser l'effort financier consenti pour subventionner les engrais minéraux importés ainsi que le matériel agricole.

(3) L'adhérent a le choix entre deux voies : la voie rapide qui aboutit à l'installation du S.M.C.S. en 2 ans par la mise en œuvre de quatre parcelles de 10 ares la première année, 2 parcelles supplémentaires la seconde année, et la voie lente par laquelle l'installation a lieu en plus de 2 ans par parcelles élémentaires de 10 ares chaque année.

(4) Dans l'état actuel des choses, l'élevage ne fut pas considéré comme une activité importante car la force de

production aux différents secteurs d'activité des exploitations. Elles ont guidé les objectifs des autres aspects de l'étude entreprise, mais cette seule hypothèse de disparité des réponses ou « itinéraires techniques adoptés » nous permet de formuler les trois objectifs du suivi agro-technique des cultures du S.M.C.S. :

a. Description aussi précise que possible de la situation à l'extrémité de la chaîne, c'est-à-dire au champ, par une description des techniques pratiquées, de leur variabilité et des résultats qu'elles ont engendrés ;

b. Sur l'ensemble des parcelles suivies, quelles sont les techniques et leur niveau d'application (appelé plus loin modalité) qui conduisent aux meilleurs rendements ;

c. Par analyse comparée des différentes situations, c'est-à-dire par l'analyse de la variabilité dans l'application des techniques et en rapprochant ceci de leur efficacité, où et comment doivent se concentrer les efforts de la vulgarisation.

LE DISPOSITIF D'OBSERVATION

Le dispositif dépend essentiellement de la conjoncture, des objectifs de l'étude et de la méthode d'analyse qui sera utilisée. Dans le cas présent, une hypothèse fut faite quant à l'utilisation des méthodes d'analyse des données et plus particulièrement de l'analyse des correspondances (5) mais surtout ce sont la conjoncture et les objectifs qui ont déterminé la nature du dispositif.

Le suivi, qui doit couvrir trois régions de la Préfecture de Tananarive, est mis en place en même temps que l'opération (condition optimum à trois points de vue pour une recherche d'accompagnement). L'analyse présentée ici porte sur les parcelles de la Sous-Préfecture d'Ambatolampy dans laquelle l'objectif était de suivre 75 schémas de culture.

L'échantillon comprend donc en 1970-71, la totalité des adhérents de la zone et par suite la totalité des parcelles de Maïs. A partir de 71-72, le nombre d'adhérents augmente, celui de l'échantillon restant constant. Par contre, le nombre de parcelles cultivées et suivies chez ces mêmes adhérents augmente. Le tableau ci-dessous retrace la composition de l'échantillon pour les trois

travail qu'il consommait ainsi que les revenus qu'il procurait, quoique non négligeables, n'avaient pas d'interférences notables avec les autres secteurs d'activités. Dans certains cas cependant, cet ordre des choses fut modifié jusqu'à faire de l'élevage un des éléments catalyseurs de l'évolution de ces exploitations.

(5) Il faut rappeler que l'étude fut effectuée sous contrat signé avec le Ministère de l'Agriculture Malgache en 1969.

années d'observation (6) :

Campagne	Nombre d'exploitants suivis	Nombre de parcelles de Maïs cultivées et suivies	Nombre de parcelles participant à l'analyse
1970-71	72	48	34
1971-72	72	76	57
1972-73	72	110	105

Etant donné l'hétérogénéité des variables à retenir d'une part, l'hétérogénéité intraparcellaire soupçonnée d'autre part, nous avons introduit un sondage au niveau des parcelles. Un certain nombre de variables ont ainsi été observées sur des stations au nombre de 4 par parcelle, chaque station étant constituée de 3 lignes successives de 5 m de longueur et correspondant donc à une superficie d'environ 8 m².

Les variables rentrant dans l'analyse se rapportent cependant aux parcelles (que nous appellerons observations) et résultent soit d'une mesure unique pour la parcelle, soit de la moyenne des 4 mesures effectuées sur chaque station.

LE PROTOCOLE

Le protocole général ainsi que l'ensemble des résultats ont été exposés dans plusieurs publications. Nous n'en rappellerons ici que deux aspects relatifs l'un à la conduite de l'observation, l'autre au choix des variables.

a. CONDUITE DE L'OBSERVATION

Ponctualité et continuité dans le temps constituaient des conditions essentielles pour réaliser les objectifs fixés au départ et bien que ponctuelle, l'étude a porté sur un échantillon représentatif au niveau S.M.C.S. (7). Les observations portent sur des objets de grandeurs variables : plante, station, parcelle, et c'est autant de cas individuels qui sont mis à l'étude.

Continuité car il s'agit bien d'un suivi assuré régulièrement tout au long de trois campagnes d'activité agricole (1^{er} juillet - 1^{er} juillet) pendant lesquelles il est procédé à des mesures et observations directes dont la fréquence varie selon les objets entre 1 et 2 semaines.

(6) La différence entre les colonnes 3 et 4 du tableau ci-dessus est liée au fait que pour certaines parcelles et certaines variables, il existe des données manquantes.

(7) La première année, l'échantillon fut même exhaustif puisqu'il comprenait la totalité des S.M.C.S. installés dans la région.

Ce dispositif présente une grande souplesse et permet de procéder, à côté des observations systématiques programmées en début de campagne, à des observations dites complémentaires, dont l'intérêt se révèle en cours de campagne (traitements phytosanitaires liés à une attaque de parasites, thèmes légers lancés par la vulgarisation, etc...).

b. CHOIX DES VARIABLES

Ce choix a constitué une des difficultés de l'établissement du protocole car il résulte d'un compromis entre l'ensemble minimum des phénomènes à prendre en compte et un ensemble qui théoriquement n'a pas de limite (8) pour saisir au mieux la réalité de la situation.

Cette situation, objet du suivi, est caractérisée par un certain nombre d'états, chacun de ces états étant défini par des variables (9) qui en sont les éléments mesurables. Ces variables sont classées en deux groupes principaux, eux-mêmes scindés en deux sous-groupes permettant, de façon formelle, de guider l'observation et l'analyse :

Le premier groupe comprend l'ensemble des variables dites « prédicteurs », on y distingue :

— les variables de base qui servent à construire le plan de sondage. Elles sont connues à l'avance et sont à la base de l'échantillonnage ;

— les variables de structure, qui sont de même nature que les précédentes, mais qui ne font pas l'objet d'un contrôle a priori.

Le second groupe comprend l'ensemble des résultats de l'enquête, on y distingue :

— les variables résultats intermédiaires qui découlent de mesures et peuvent être des variables expliquées vis-à-vis des précédentes, ou explicatives vis-à-vis des suivantes qui sont :

— les variables résultats finaux.

Le tableau I indique le type, la nature et le niveau d'appréhension des variables retenues par l'analyse qui est relatée ici.

Il faut ajouter à cette liste un certain nombre de variables qui ont été soit incluses dans les précédentes et ont alors servi à les pondérer (c'est le cas du nombre et de la nature des adventices, de leur envahissement et de leur hauteur qui ont permis de pondérer la variable Nettoyage NT), soit éliminées de l'analyse présentée

(8) Dans cette agriculture traditionnelle peu technique, l'agriculteur agit lui-même selon un compromis entre des objectifs d'ordres différents et à court terme, si bien qu'il dispose d'un arsenal de solutions de rattrapage parfois dénotant.

(9) Est appelée « observation » l'objet (parcelle, station, plante) sur lequel est mesuré ou observé un phénomène appelé lui-même « variable ».

TABLEAU I
VARIABLES RETENUES POUR L'ANALYSE.

Types de Variable	Nature des variables retenues dans l'analyse	Niveau d'appréhension	Valeurs prises en compte dans l'analyse	Seigle
Variables prédicteurs	Type de sol	Parcelle	Parcelle	TE
	Précédent cultural	Station	"	PR
	Mode de labour	Parcelle	"	ML
	Date de labour	"	"	LB
	Date de semis	"	"	DS
	Fumure organique	"	"	FU
	Fumure minérale azotée	Station	"	NN
	Fumure minérale phospho-potassique	Parcelle	"	PK
Variables résultats intermédiaires	Façon d'entretien	Station	"	NT
	Durée de végétation	Parcelle	"	
	Nb. de pieds/ha à la récolte	Station	"	PD
	Nb. d'épis par pied à la récolte	Station	"	IN
Variable résultat finaux	Poids de grains secs par épis	Station	"	EP
	Rendement/ha	Station	"	RD

ici. [Une variable suffisamment représentée est éliminée si, aux premières analyses elle n'apporte aucune information (cas de la sole SO, ou de la production du précédent PP)].

CONDUITE DE L'ANALYSE ET PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Toutes les données recueillies sur le terrain ont été déjà analysées sous forme essentiellement de tableaux rectangulaires et les résultats publiés dans plusieurs rapports (cf. Réf. bibliographiques). Ces résultats correspondent essentiellement à des réponses relatives à l'effet des variables mises en cause par les principaux thèmes de vulgarisation. L'approche qui est tentée ici a pour but, en soumettant ces mêmes données à l'analyse des correspondances, complétée par la classification ascendante hiérarchique, d'essayer de caractériser par des associations ou affinités entre variables, les situations correspondant aux différents niveaux de production observés. Il doit en découler une meilleure connaissance des conditions d'élaboration des rendements et par conséquent les directions vers lesquelles peuvent s'orienter les efforts de la vulgarisation d'une part, mais également des agriculteurs.

Après une rapide présentation des résultats observés qui permettra de les situer par rapport à la *norme vulgarisée*, nous tenterons par deux approches successives de voir dans un premier temps comment s'élabore le rendement à partir de ses composantes et dans un deuxième temps, quelle est l'incidence des différentes

techniques proposées sur ces composantes et le rendement.

a. ANALYSE DE SITUATION

La meilleure analyse de situation est fournie par les figures 1 et 2, qui situent, dans l'espace vectoriel des parcelles, le rendement, ses composantes et les conditions culturales les uns par rapport aux autres. Les tableaux II, III, IV complètent cette information en la situant par rapport aux normes vulgarisées.

Il n'est pas question ici de faire une analyse détaillée de situation mais on tentera simplement d'illustrer ces tableaux par quelques remarques aidant à un meilleur examen des conditions d'élaboration de la production du Maïs dans la région étudiée.

On constate d'après les chiffres figurant dans ces tableaux, une certaine dégradation de la situation sur le plan de l'élaboration du rendement au cours des 3 campagnes d'observation. Le tableau III reflète ce phénomène, particulièrement en ce qui concerne le rendement et ses composantes, pour lesquels le pourcentage de parcelles ayant dépassé les prévisions de la vulgarisation baisse chaque année. Il en est de même des coefficients de variation figurant au tableau II dont les valeurs en 71-72 sont plus élevées qu'elles ne devraient l'être, car cette campagne fut affectée par un cyclone survenu en pleine période de végétation.

L'analyse des correspondances montre que le rendement est toujours très étroitement lié au poids de grains par épis (EP) lequel est supérieur dans la majorité des cas aux prévisions. Ce résultat encou-

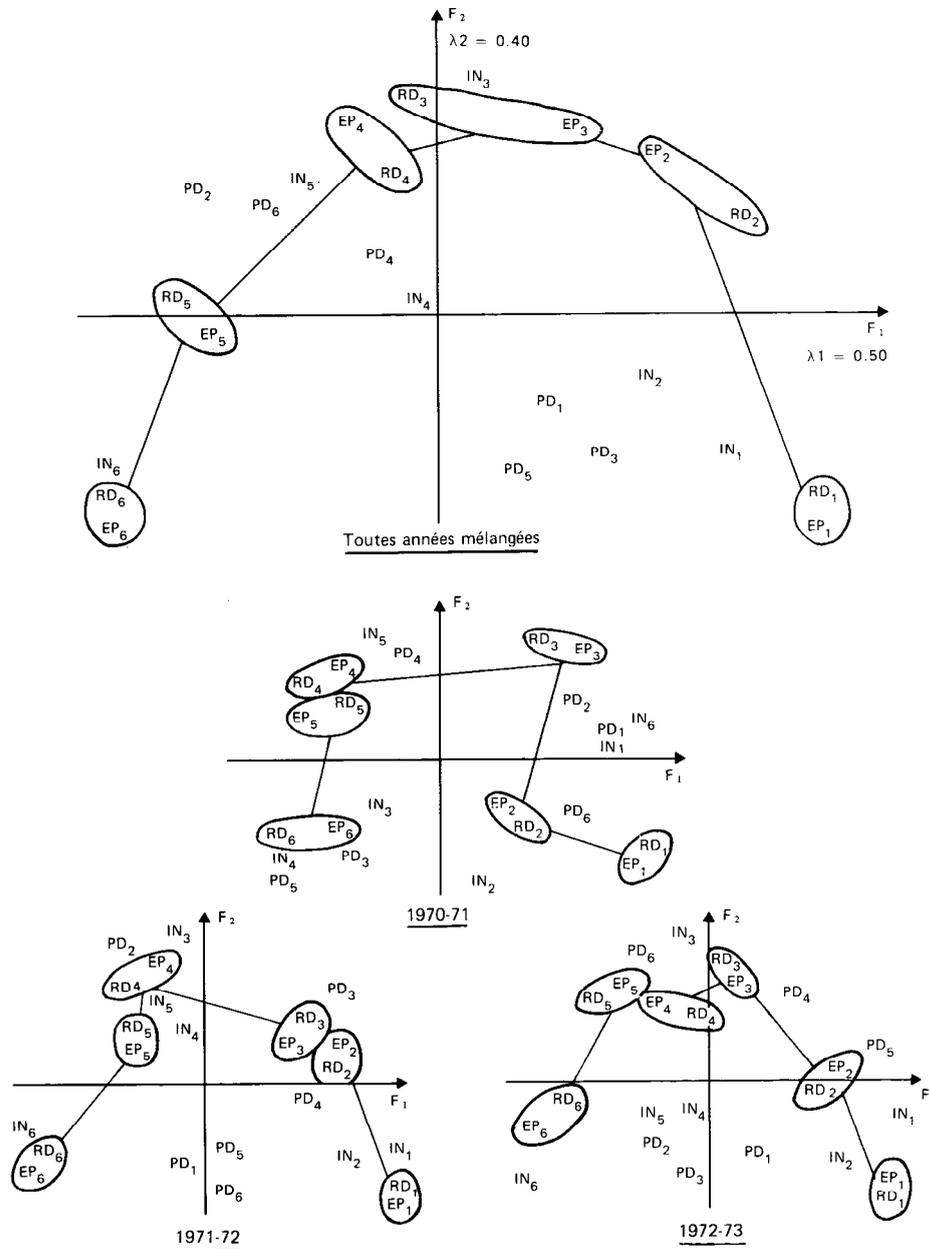


Fig. 1. — Analyse sur le rendement et ses composantes.

rageant laisse espérer que le niveau moyen de 2,8 t/ha de Maïs grain peut être dépassé sur un grand nombre de parcelles et ce, d'autant plus qu'il l'a été, malgré des densités faibles à la récolte, un relâchement du dispositif de vulgarisation et des retards importants de l'approvisionnement en engrais lors de la campagne 72-73.

Quant aux densités au semis (P Q) et à la récolte (P D), elles sont dans la majorité des cas in-

férieures à la norme. Malgré des coefficients de corrélations linéaires hautement significatifs avec le rendement, l'effet de la densité à la récolte est moins net. L'analyse des correspondances laisse toutefois apparaître que les densités élevées sont favorables et pour compenser une inévitable perte au semis — due essentiellement à des prédateurs — il semble qu'un effort particulier de la vulgarisation devrait porter sur ce point. Il est à noter en effet, que les densités au semis

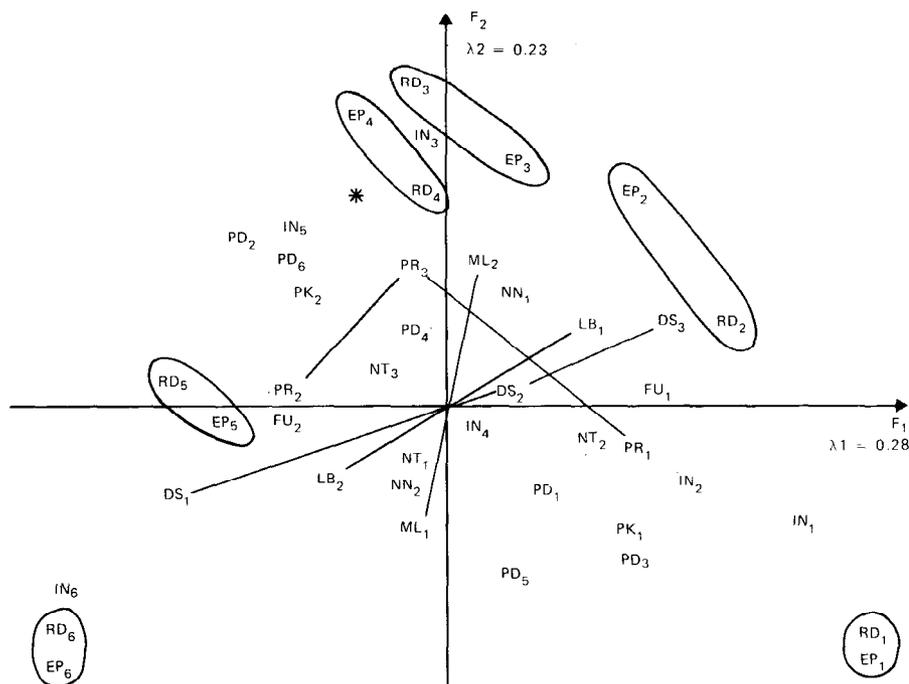


Fig. 2. — Analyse sur toutes variables.

L'astérisque représente la projection sur le plan factoriel 1-2, de « l'individu URER ». Cet individu est une parcelle fictive sur laquelle auraient été appliquées (par le calcul, grâce à la formule de transition et au principe barycentrique), les normes URER lesquelles sont en réalité les coordonnées de ce point dans l'espace vectoriel des parcelles. Ces normes sont les suivantes : RD, PD₀, IN₃, EP₂, TE₂, PR₃, LB₁, ML₁, FU₂, PK₂, NN₂, DS₂, VG₂, NT₃.

TABLEAU II
LE RENDEMENT ET SES COMPOSANTES.

Variable	70-71	71-72	72-73	Moyenne	
Moy	18 000	18 100	17 600	17 700	20 000
PQ*	2 500	5 500	4 100		
σ	0.14	0.30	0.23		
CV	30 700	26 500	31 000	29 400	40 000
PD	6 000	6 300	7 600		
	0.20	0.24	0.24		
	0.93	0.86	0.88	0.89	0.9**
IN	0.12	0.16	0.11		
	0.13	0.18	0.13		
EP	121	90	86	99	78
	32	24	26		
	0.26	0.27	0.30		
RD	3.52	2.05	2.40	2.66	2.80
	1.25	0.75	0.99		
	0.35	0.36	0.41		

PQ : nombre de poquets/ha; PD : nombre de pieds/ha à la récolte; IN : nombre d'épis par pied.

EP : poids de grains à 85 % de M.S. par épis; RD : rendement en t/ha.

* Pour chaque variable, les 3 nombres sont respectivement : Moyenne, Ecart-type et Coefficient de variation.

** 0,9 nous semble être une estimation correcte, accessible à tous, basée sur des résultats des 3 années et tenant compte des accidents ou dégâts probables rencontrés sur place (corbeaux, pieds infertiles provenant de resemis tardifs à mauvaise croissance).

Les thalles sont assez rares et ne sont pas pris en compte. Par contre, les resemis rentrent dans PD.

TABLEAU III
POURCENTAGE DE PARCELLES SUR LESQUELLES
LES NORMES URER REPRÉSENTÉES PAR LES VA-
RIABLES (COLONNE DE GAUCHE) N'ONT PAS ÉTÉ
ATTEINTES OU APPLIQUÉES.

Variabes	1970-71	1971-72	1972-73	Ensemble des Trois années
RD	23	69	68	63
PD	83	100	87	93
IN	37	49	55	55
EP	11	23	33	33
PR	20	37	48	45
ML	54	44	26	37
NN	20	56	35	38
PK	10	50	53	45
DS	0	21	5	14
NT	71	90	42	62

et à la récolte sont très voisines d'une année à l'autre, et que la perte au semis oscille autour de 17 %. On peut donc penser qu'en préconisant un semis à 25 000 poquets/ha, on atteindrait 35 à 40 000 pieds/ha à la récolte, niveau favorisant les bons rendements.

b. L'ÉLABORATION DU RENDEMENT PAR CES COMPOSANTES

Le rendement résulte du produit des trois composantes EP (poids des grains à 85 % de MS par épis), IN (nombre d'épis par pied) et PD (nombre de pieds à l'ha à la récolte).

$$RD = EP \times IN \times PD$$

L'analyse des correspondances fut conduite sur ces quatre variables, année par année, et globalement. Des résultats tous identiques, il ressort que les deux variables RD et EP ont les mêmes profils et présentent de plus pour chacune de leurs modalités respectives des proximités assez remarquables. La variable IN varie dans le même sens mais avec un profil légèrement différent. Quant au nombre de pieds/ha, il ne semble présenter aucune liaison avec les autres. Notamment, il n'existe, en première approximation aucune relation directe constante entre IN et PD. On trouve en effet suivant les années IN_1 associé soit à PD_1 , soit à PD_6 , et inversement IN_6 associé soit à PD_6 , soit à PD_1 , avec pour chaque année considérée séparément les coefficients de corrélation linéaire hautement significatifs allant de $-0,37$ (en 70-71) à $+0,32$ (en 72-73).

Le rendement s'élabore donc essentiellement à partir du poids de grains par épis, résultant lui-même du produit du nombre de grains par épis et du poids d'un grain. D'une part, nous avons montré par ailleurs que le rendement était proportionnel au nombre de longs épis, d'autre part, il a été démontré que le poids

de 1 000 grains n'intervenait que très peu, c'est donc par la longueur des épis qu'intervient le poids de grains par épis.

Il faut enfin signaler que dans la gamme de variation tant du rendement que du poids de grains par épis, partitionnés tous deux en 6 classes d'effectifs égaux, les modalités extrêmes (indiquées respectivement 1 et 6) se différencient nettement des modalités intermédiaires. On peut donc considérer que sur l'ensemble des parcelles de la région, se distinguent quant au niveau de production trois groupes de parcelles.

— Le groupe présentant des résultats médiocres : peu d'épis par pieds, petits épis et faible rendement. Il représente du fait de la partition en 6 classes environ 15 % des parcelles.

L'examen des données révèle ici plusieurs causes touchant vraisemblablement l'alimentation de la plante et de l'épi.

— Le groupe présentant les meilleurs résultats : longs et nombreux épis, forts rendements. Il représente également 15 % des parcelles qui sont alors cultivées dans des conditions satisfaisantes et sans incident majeur.

— Le groupe enfin de parcelles présentant des résultats moyens.

Les composantes qui discriminent ces groupes sont essentiellement le poids de grains par épis (EP) qui reflète les conditions d'alimentation de la plante, et occasionnellement le nombre d'épis par pied qui reflète plus précisément les accidents survenus en cours de culture.

c. INCIDENCE DES TECHNIQUES ET CONDITIONS CULTURALES SUR LE NIVEAU DE PRODUCTION

Les analyses ont également été conduites ici année par année, pour faire ressortir les particularités ainsi que les effets constants et globalement pour dégager des résultats d'ensemble.

Une première remarque s'impose : la signification des deux premiers axes d'inertie fournis par l'analyse des correspondances ainsi que les positions dans le plan formé par ces 2 axes, des points rendements et composantes restent identiques au cours des trois campagnes, et ne sont pas affectées par la participation à l'analyse des dix variables représentant les techniques et conditions de culture.

On peut en conclure :

- que les résultats offrent une bonne stabilité ;
- que les éléments déterminant la structure des données sont le rendement et le poids de grains par épis, les autres variables jouant un rôle secondaire explicatif, ce qui nous autorise alors à parler d'in-

TABLEAU IV
 MODALITES DES VARIABLES ET VALEURS CORRESPONDANTES.

	70-71 (35 parcelles)			71-72 (58 parcelles)			72-73 (106 parcelles)		
	Bornes sup.	Nb. individus	%	Bornes sup.	Nb. individus	%	Bornes sup.	Nb. individus	%
RD	1	2 039	6	1 392	10		1 430	18	
	2	3 058	6	1 670	10		1 870	18	
	3	3 670	6	2 061	10		2 360	18	
	4	3 921	6	2 401	10		2 900	18	
	5	4 735	6	2 978	10		3 550	18	
	6	6 540	5	3 758	8		4 620	16	
PD	1	25 500	6	20 800	10		23 000	18	
	2	27 500	6	24 200	11		27 300	18	
	3	30 100	6	26 400	10		30 600	18	
	4	32 500	6	28 800	9		33 100	18	
	5	37 500	6	32 100	10		39 100	18	
	6	44 300	5	37 600	8		47 000	16	
IN	1	0.79	6	0.70	10		0.78	19	
	2	0.88	7	0.80	10		0.84	18	
	3	0.92	6	0.90	12		0.89	22	
	4	0.98	5	0.94	8		0.94	15	
	5	1.04	7	0.97	10		0.98	16	
	6	1.19	4	1.20	8		1.11	16	
EP	1	83	6	64	11		59	18	
	2	113	6	86	9		76	19	
	3	123	6	94	11		86	17	
	4	132	6	101	9		96	18	
	5	155	6	113	10		112	18	
	6	190	5	153	8		151	16	
TE	1	CR ₁	5		7			20	
	2	CR ₂	1		11			12	
	3	VC ₁	12	id°	10		id°	32	
	4	VC ₂	9		14			23	
	5	HVD	8		7			19	
PR	1	2	19	2	28		2	56	
	2	5	13	5	22		5	43	
	3	8	3	8	8		3	27	
LB	1	910	26	901	51	88 %	901	85	
	2	1 015	9	1 015	7		1 015	21	
ML	1	Angady	20	id°	26		id°	29	
	2	Charrue	15	id°	32			77	
FU	1	10 t/ha	7		51	88 %		77	72 %
	2	40 t/ha	28		7	12 %		29	28 %
PK	1	absence	4		29	50 %		57	54 %
	2	présence	31		29	50 %		49	46 %
NN	1	absence	7		32	55 %		37	35 %
	2	présence	28		26	45 %		69	65 %
DS	1	1 015	11	1 015	18		1 015	31	
	2	1 025	13	1 025	16		1 025	52	
	3	1 201	11	1 201	24		1 201	23	
VG	1	170	12	168	24		159	35	
	2	191	13	172	15		171	35	
	3	212	10	201	19		186	36	
NT	1	rien	7		3	1		9	8
	2	1 passage	18		50	90		35	33
	3	2 passages	10		5	9		62	59
AN	1	70-71	35						
	2	71-72	58						
	3	72-73	106						

cidence sur le niveau de production de ces techniques et conditions de production.

Là encore, il suffira de se reporter aux tableaux III et IV et à la fig. 2, pour juger de la variabilité dans l'application des techniques et nous allons voir dans quelle mesure des écarts par rapport à la norme affectent le niveau de production. (cf. fig. 2).

Stratégie de l'interprétation : à l'inverse de la démarche expérimentale qui consiste à émettre et tester des hypothèses, c'est-à-dire à rechercher l'effet des différentes variables sur le résultat, on recherchera ici quelles sont les variables qui illustrent la structure d'un nuage de point dont on vient de voir qu'elle est dominée par « l'étalement » de 2 caractéristiques : le rendement et le poids de grains par épis.

Il va donc se dégager d'un tel examen, des situations que l'on va tenter d'expliquer et de résumer.

Un premier phénomène se dégage chaque année de l'analyse à savoir que la variabilité des rendements s'accompagne toujours d'une opposition entre précédents culturaux : les plus mauvais résultats sont obtenus sur défriche ou sur prairie retournée alors que les meilleurs le sont sur précédent sarclé (tabac, pommes de terre ou maïs) en 72-73 et sont alors en sole 2, ou sur haricot, et voanjobory en 71-72 où ils sont ici en sole 3 non fertilisée (9).

Ceci met en évidence l'action positive de l'arrière effet de la fertilisation du précédent ainsi que celle de l'état du profil cultural sur lequel on reviendra plus loin.

Une deuxième constatation se rapporte aux dates de semis qui sont d'autant plus favorables qu'elles sont précoces et s'accompagnent en général d'une courte durée de végétation (moins de 160 jours). En conditions hydriques satisfaisantes (cas de la région en général mais également des sols présentant des caractères d'hydromorphie TE_5), les semis précoces placent les maïs dans des conditions optimum de photopériodisme. Le risque existe certes pour les jeunes plants sur des terrains moins bien pourvus en eau d'avoir à affronter deux ou trois semaines de sécheresse entre les premières pluies (15-20 octobre) et l'installation de la saison des pluies (15-25 novembre). Les paysans y remédient alors par des resemis en général peu efficaces. Ce risque doit être pris car les semis tardifs n'ont en aucun cas abouti à des rendements élevés.

Un troisième effet constant apparaît avec toutefois moins de netteté que le précédent. Il s'agit du mode de labour qui doit être examiné non pas seul mais en liaison avec la nature du précédent cultural.

(9) Les Maïs sur prairie ou défriche sont abondamment fertilisés et ceux sur sole 3 ne le sont pas, d'où l'effet prédominant de la fertilisation du précédent sur celle du Maïs lui-même.

La vulgarisation préconise des labours à la charrue tractée par les bœufs ce qui représente un net gain de travail et de temps. Les résultats apparemment contradictoires entre la première campagne et les deux suivantes nous font mettre l'accent sur le résultat du travail de labour plus que sur la nature de l'outil utilisé.

En 1970-71, en effet 45 % des labours ont été réalisés à la charrue, et ont occasionné de meilleurs rendements que ceux effectués à la bêche. D'une part sur défriche et sol compacté, le travail de la charrue fut plus profond que celui de la bêche, et d'autre part, effectué en régie au tracteur, ces labours très grossiers furent tous repris à la bêche avant le semis. Il en est résulté un sol finement divisé, favorable à un bon enracinement. Lors des deux campagnes suivantes, ce sont par contre sur des labours à la bêche que se rencontrent les meilleurs rendements, et ceci particulièrement en 71-72.

Si en 71-72, il n'y a plus de maïs sur défriche, en 72-73 il en existe un certain nombre sur prairie de 3 ans retournée et selon les cas, les labours furent effectués à la charrue ou à la bêche. Le travail à la bêche fournit de meilleurs résultats que celui à la charrue tractée à bœufs car plus profond et plus fin (sols déjà travaillés). Nécessitant environ dix fois plus de temps (5 jours par parcelle au lieu d'une demi-journée), on voit les dates de labours (LB) s'avancer en saison sèche voire se situer en fin de saison des pluies, car début octobre, c'est la période des repiquages du riz.

On voit ainsi que la « norme vulgarisée » : labour profond à la charrue, 1 à 2 mois avant les semis, repris par un hersage, fut différemment suivie par les agriculteurs qui l'ont en général mal maîtrisée ces premières années (mauvais travail des charrues et des herses à des époques également peu favorables). Les labours précoces effectués à la charrue à bœufs (norme vulgarisée) se situent dans la zone des faibles rendements. Par contre, les labours à la bêche immédiatement avant le semis (norme interprétée) ont occasionné de meilleurs rendements. Voici donc un thème qui, pour l'instant au moins, semble bien avoir un effet négatif. S'il ne faut pas l'abandonner, car il procure d'intéressantes possibilités sur le plan du calendrier de travail, il ne devrait pas être considéré comme prioritaire et l'on devrait permettre aux paysans un libre choix pour ce travail en fonction de leurs possibilités, leur technicité et leurs exigences (importance de la main-d'œuvre et de la superficie en rizière notamment) en insistant plus sur la qualité du résultat, (labour profond, régulier et homogène, mottes moyennement divisées), que sur la nature de la façon culturale (date et type d'outil utilisé).

Tels sont les faits marquants qui se dégagent de cette analyse simultanée de l'ensemble des données. Concernant la fertilisation et le sarclage, il n'apparaît pas ici d'effet très net pour plusieurs raisons. Ces variables

ne participent pas significativement à la caractérisation des premiers axes d'inertie ou ce, de façon très épisodique.

D'une part, elles n'ont pu être appréhendées avec précision, aussi ne figurent-elles pour la fertilisation qu'en présence — absence et pour le sarclage sous la combinaison : nombre d'interventions — quantité d'adventices (10), d'autre part elles ont évolué au cours des trois campagnes.

Les précédents dépouillements montrent un effet très positif de l'azote, tout particulièrement marqué en 71-72 ou un thème léger fut lancé en début de campagne consistant à doubler la dose d'urée sur la moitié de chaque parcelle. L'augmentation des rendements fut en moyenne de 29 % sur socle granitique et nulle, sur socle volcanique.

Qu'il s'agisse de l'azote, du PK et surtout du fumier, absence ne veut pas dire inexistant et présence ne signifie pas totalité de la dose prescrite. Nous indiquons ici qu'il y a toujours eu un minimum de fertilisation, organique ou minérale, et que malgré la sévérité de la façon avec laquelle ces variables ont été introduites dans l'analyse, les modalités représentant la présence de fertilisation se situent dans le plan factoriel 1-2 du côté des forts niveaux de production et inversement.

CONCLUSION

Les quelques commentaires qui précèdent ne sont là que pour aider à l'interprétation des images (fig. 1 et 2) reflétant la structure des données et par conséquent celle des réalités observées.

Auparavant, nous avons procédé à l'interprétation de ces mêmes données par l'examen de tableaux rectangulaires et quelques analyses de comparaisons. Les conclusions qui en découlaient, allaient dans le même sens que celles issues de l'analyse factorielle et typologique qui a été tentée ici, mais elles étaient moins complètes, moins nuancées et moins fiables dans la mesure où une analyse canonique globale appliquée à des données d'enquête de ce type se révèle peu satisfaisante voire contestable mathématiquement.

Une telle analyse porte en effet sur des comparaisons a posteriori, c'est à dire suggérées par l'examen des données mais non prévues par un protocole expérimental.

(10) Le sarclage en tant qu'opération culturale fut appréhendé dans le cadre du suivi des temps de travaux. Quant à la fertilisation, le manque de confiance dans les doses utilisées et la variabilité dans les modes d'épandage nous a conduit à transformer ces variables en variables qualitatives.

D'autre part, les parcelles sur lesquelles ont été observés les faits, n'ont pas été soumises à des sources de variation conformément à un plan d'expérience, par conséquent, les résultats ne sont pas équilibrés en effectifs, ce qui rend impossibles actuellement un certain nombre de comparaisons.

Pour les mêmes raisons, ignorant et pour cause la hiérarchie des facteurs pris en compte par l'observation, les comparaisons conditionnelles conformément aux modèles hiérarchisés d'analyse de variance que l'on pourrait adopter ne peuvent être choisies a priori et risquent fort de conduire à des conclusions erronées.

Tandis que l'analyse factorielle des correspondances dont le but est simplement de révéler les structures du réel, sous-jacentes aux données qui le représentent, en libérant l'analyste de toutes contraintes d'hypothèses ou de lois de distributions de ces données nous paraît moins artificielle sinon plus féconde, dans le cas toujours de données recueillies par enquête, car les conclusions que l'on en déduit ne sont pas conditionnées par des limites chiffrées qui correspondent en réalité à l'acceptation ou au rejet d'hypothèses à un seuil de probabilité donné.

Elle situe, dans un plan dont la signification est fournie par les axes d'inertie qui le déterminent, l'ensemble des variables et des sujets. L'interprétation est donc toute relative en ce sens qu'une variable qui présente une très faible contribution aux 2 premiers facteurs par exemple, est positionnée sur le plan, et si l'information qu'elle fournit ainsi est faible, elle existe cependant.

Voici donc l'essentiel des raisons (11) qui nous ont conduit à tenter cette analyse et à la préférer, dans un premier temps, aux méthodes d'inférence statistique, pour interpréter les résultats d'un tel suivi dont l'objet n'est pas finalement de tester des hypothèses (cas de l'expérimentation), mais de vérifier si les résultats exprimés par la recherche agronomique en station, et sur lesquels repose un programme de développement agricole se confirment à l'échelle de la parcelle de culture et surtout « résistent », c'est-à-dire se manifestent encore dans le contexte d'une agriculture.

Disons en dernière remarque que par cette méthode descriptive globale, il est également possible d'introduire, soit dans l'analyse, soit en « élément supplémentaire » des observations très diverses qui, si elles se révèlent informatives, pourront susciter de nouvelles hypothèses voire de nouveaux protocoles pour l'expérimentation agronomique, car il semble évident que s'applique également à l'agronome la conviction du Professeur Benzecri à savoir « que le statisticien a tout à apprendre

(11) Pour une information plus complète, se reporter aux deux dernières références bibliographiques.

de la nature et que (...). Bien mieux qu'à des modèles conjecturaux, c'est à l'observation qu'on doit demander quel est l'ordre de la réalité ».

Manuscrit reçu au S.C.D. de l'ORSTOM le 24 novembre 1976

BIBLIOGRAPHIE

- BENZECRI (J. P.) *et al.*, 1973. — L'analyse des données. Tome I: La Taxinomie. Tome II: L'analyse des correspondances. Dunod, Paris.
- GERMAIN (N.), HUYNH VAN NHAN, VICARIOT (F.), 1973. — Evaluation des résultats techniques et économiques de l'opération Tanety obtenus par des exploitants de l'URER de Tananarive. Méthode du suivi agro-économique, ORSTOM, *multigr.* 140 p.
- HUYNH VAN NHAN, ROUHAN (M.), VICARIOT (F.), 1972. — Résultats de campagne et réflexions sur le secteur modernisé de cultures sèches (note provisoire). ORSTOM, *multigr.* 43 p.
- HUYNH VAN NHAN, ROUHAN (F.), VICARIOT (F.), 1971. — Observations sur des secteurs modernisés de cultures sèches dans l'URER de Tananarive. Rapport de campagne 1970-1971. ORSTOM, 55 p. *multigr.*
- HUYNH VAN NHAN, VICARIOT (F.), 1970. — Suivi agro-économique de 53 exploitations de l'URER de Tananarive. Résultats de la campagne 1969-1970 ORSTOM, *multigr.* 133 p.
- HUYNH VAN NHAN, VICARIOT (F.), 1971. — Suivi agro-économique de 53 exploitations de l'URER de Tananarive. Premières observations techniques et économiques. ORSTOM, MAER, *multigr.* 43 p.
- LEBART (L.), 1975. — L'orientation du dépouillement de certaines enquêtes par l'analyse des correspondances multiples. Consommation. Annales du C.R.E.D.O.C. n° 2.
- LECLERC (A.), 1975. — L'analyse des correspondances sur juxtaposition de tableaux de contingence. *Rev. de Stat. Appl.* Vol XXIII n° 3.
- NAKACHE (J. P.), 1973. — Influence du codage des données en analyse factorielle des correspondances. Etude d'un exemple pratique médical. *Rev. de Stat. Appl.* Vol. XXI, n° 2.
- LEPINE (D.), ROUANET (H.), LEBEAUX (M. O.), 1975. — L'analyse des comparaisons systématiques dans un plan à un facteur aléatoire. Introduction au programme VAR 3.
- ROUANET (H.), LEPINE (D.), 1976. — A propos de l'analyse des données selon Benzecri. *Année psychologique* 76 : 133-144.
- ROUX (C.), ROUX (M.), 1975. — Notice d'utilisation du programme STEAK. Laboratoire de Biométrie du CNRS. Laboratoire de statistique. Université de Paris VI, *multigr.* 36 p.