Adiopodoumé - 1977.

ANALYSE GENETIQUE DES DESCENDANTS DE CROISEMENTS SEXUES x APOMICTIQUES CHEZ PANICUM MAXIMUM

I Hérédité de quelques caractères quantitatifs

Régine CHAUME

RESUME

L'étude des croisements entre Panicum maximum sexués et apomictiques est abordée du point de vue de la génétique quantitative sur des caractères de gaine, de feuille, d'inflorescence et de productivité (matière sèche totale par plante).

Les aptitudes générales des apomictiques et des sexués et l'aptitude spécifique des croisements sont calculées. Il apparait que la qualité du résultat final, la valeur de l'hybride, dépend essentiellement de l'aptitude générale de l'apomictique (♂), l'aptitude générale du sexué (♀) étant dans une large part indifférente. L'interaction entre les deux parents, l'aptitude spécifique, peut cependant dans certains cas remédier à une trop faible aptitude générale du parent apomictique.

L'étude des descendants par parent apomictique et par croisement, en analyse en composantes principales, montre que la variabilité est plus importante pour les apomictiques génétiquement éloignés du groupe sexué, qu'ils soient hybrides interspécifiques - avec P.infestum ou P.trichocladum - ou simplement géographiquement isolés.

Du point de vue de la productivité (matière sèche totale) seule l'aptitude générale de l'apomictique importe, ce qui permet d'envisager un progrès rapide dans la sélection de ce caractère.

22 JUIL 1980
O. R. S. T. O. M.
Collection de Référence
B10.068 B.A.P.U.

INTRODUCTION

Les populations naturelles de l'espèce Panicum maximum sont en majorité tétraploïdes et à reproduction apomictique facultative. Quelques diploïdes existent et sont à reproduction sexuée (COMBES et PERNES 1970, COMBES 1975, PERNES 1975).

L'apomixie ne modifie en rien la gamétogénèse mâle et les pollens sont viables et fonctionnels. La pollinisation d'un tétraploïde sexué par un tétraploïde apomictique donne des descendants hybrides où types sexués et types apomictiques ségrègent dans le rapport 1 : 1 (SAVIDAN 1975, 1978).

Un schéma d'amélioration a donc pu être construit sur ces bases (PERNES et al. 1975a).

L'étude des croisements entre tétraploïdes sexués et apomictiques a pour but, en génétique quantitative, de donner les informations nécessaires à la conduite du schéma en renseignant sur les aptitudes à la combinaison de ces deux groupes, sexué et apomictique.

MATERIEL ET MESURES

Au cours de l'année 1974 tous les croisements entre huit plantes tétraploïdes sexuées, utilisées comme parent ♀ , et huit plantes apomictiques, utilisées comme parent ♂ , ont été réalisés.

Description des parents

Le choix des plantes apomictiques a été tel que la variabilité de cet ensemble tend à recouvrir celle de notre collection, implantée sur le centre O.R.S.T.O.M. d'Adiopodoumé en Côte d'Ivoire. Les variétes apomictiques se classent en quatre grands groupes (PERNES et al. 1975b):

Dans le groupe A - hybrides interspécifiques et autres espèces du groupe des Maximae - nous avons choisi :

C1 (A-1-1, type C ou hybride interspécifique naturel présumé entre P.maximum et P.infestum),

K20 et K26 (A-1-2, P.maximum semblant avoir introgressé une partie des génomes des types C),

K4 (A-2-1, hybride interspécifique naturel présumé entre P.maximum et P.trichocladum),

Dans le groupe B - les formes naines :

280 (B-1, forme naine à glumes pileuses, trichoglume),

Dans le groupe C - les formes à haut rendement brut de matière verte :

K211 (C-1, forme courte à moyenne, à limbe charnu vert bleu, souvent duveteuse ou très pileuse),

G17 (C-2-3, forme de taille moyenne, à feuilles longues et minces, à talles nombreuses constituant des fourrages de bonne qualité, avec une remontaison modérée),

Dans le groupe D - formes glabres très remontantes, à noeuds très nombreux, à feuilles minces et rigides :

T25 (D-2, forme tétraploïde)

Les plantes sexuées se classent comme suit :

a) des tétraploïdes digéniques issus de diploïdes sexués naturels par traitement de boutures à la colchicine. Ces diploïdes, dans notre classification, appartiennent au sous-groupe C-3-4-1 - formes diploïdes sexuées primitives. Les tétraploïdes isogéniques sont T34.T, T35.T, T44.T et K189.T.

b) un tétraploïde digénique obtenu par traitement à la colchicine d'une graine issue de l'autofécondation de K189 (C-3-4-1) : S2.T.

c) des tétraploïdes hybrides issus de K189.T, le parent apomictique étant choisi également dans le groupe C, sous -groupe 3-2 - formes très grandes à larges feuilles, pruineuses, bleutées et glabres :

pour P2, il s'agit de G23 (C-3-2-1, non sensible à la cercosporiose),

pour IS3 et IS4, de G3 (C-3-2-2, sensible à la cercosporiose).

Les analyses factorielles des correspondances faites sur 37 caractères morphologiques qualitatifs montrent que les distances génétiques entre les apomictiques choisis sont très grandes (CHAUME 1971, 1977a).

Les figures 1, 2 et 3 représentent respectivement les

plans des axes (1,2),(1,3) et (2,3) de ces analyses. On remarque que l'étalement des apomictiques est très important mais que par contre les formes sexuées sont peu distantes les unes des autres.

Croisements et mesures

Les 64 couples de parents ont été disposés sur le terrain de façon à permettre d'effectuer les croisements par ensachage double des inflorescences. Tous les croisements n'ont pas réussi et le nombre de descendants par croisement est variable. Ceci est dû à des facteurs génétiques, les digéniques T34.T, T35.T et T44.T fleurissant peu et donnant peu de descendants, et à des facteurs extérieurs expérimentaux ou climatiques. Les effectifs des descendances ayant pu être observées sont donnés dans le tableau 1.

Les parents ainsi que chaque hybride ont été éclatés et repiqués à raison de 10 plantes par ligne dans un essai comparatif entièrement randomisé. 2820 plantes ont été mesurées sur les huit caractères suivants :

L longueur totale au dessus du dernier entre-noeud,

G longueur de la gaine,

λ longueur de la dernière feuille (drapeau),

ll largeur de la dernière feuille (drapeau),

L_i longueur totale de l'inflorescence,

l longueur de la plus grande ramification du verticille de base,

n nombre de ramifications du verticille de base,

MST matière sèche totale pour 5 plantes.

Les distributions de ces caractères ont déjà été largement étudiées et ils se sont avérés être les plus discriminants génétiquement (PERNES 1975).

METHODES

Analyse diallèle de groupes.

p ♀ sexuées sont croisées par q ♂ apomictiques. Dans un croisement ij on a obtenu r_{ij} descendants chacun étant représenté par n éclats de souches. Les p + q parents sont aussi représentés par n éclats de souche (n est constant).

La mesure sur une plante sera notée

$$x_{ijkl}$$

éclat n° l du descendant n° k du croisement de la ♀ n° i par le ♂ n° j.

r_{ij} étant le nombre de descendants du croisement (♀ i x ♂ j), $r_{i.}$ sera le nombre de descendants de la ♀ i avec tous les mâles, et $r_{.j}$ le nombre de descendants du ♂ j avec toutes les femelles.

$r_{..}$ sera le nombre total de descendants.

$N = n\ r_{..}$ sera le nombre total de plantes étudiées.

Une première analyse de variance peut être faite suivant le modèle suivant :

$$x_{ijkl} = \mu + \rho_{ij} + \delta_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

μ moyenne générale

ρ_{ij} effet fixe dû au croisement ij

δ_{ijk} effet aléatoire de moyenne 0 et de variance σ^2_D du descendant k dans le croisement ij

ε_{ijkl} effet aléatoire intraparcellaire dû au clonage, variable normale de moyenne 0 et de variance σ^2.

C'est un modèle hiérarchisé mixte à deux niveaux avec des échantillons inégaux. C'est un cas particulier de l'exemple traité par SOKAL et ROHLF (1969), puisque les sous-groupes sont d'effectifs égaux.

On peut décomposer ρ_{ij} de la façon suivante :

$$\rho_{ij} = g_i + g_j + s_{ij}$$

g_i effet dû à la ♀ i

g_j effet dû au ♂ j

s_{ij} interaction entre ♀i et ♂j, effet spécifique dû à la réunion de i et j en croisement.

L'effet g_i peut être interprété comme aptitude générale à la combinaison de la ♀ sexuée i,

L'effet g_j peut être interprété comme aptitude générale à la combinaison du ♂ apomictique j,

L'effet s_{ij} peut être interprété comme aptitude spécifique à la combinaison du croisement de i par j.

L'analyse de variance est celle d'un plan à deux facteurs principaux (aptitude générale à la combinaison des sexués, aptitude générale à la combinaison des apomictiques) et une interaction (aptitude spécifique à la combinaison des croisements sexués par apomictiques), testés à l'aide de la variation entre descendants dans les croisements, cette dernière étant elle-même testée à l'aide de la variation intraparcellaire. Les carrés moyens de cette décomposition sont calculés sur les moyennes.

On calculera les effets aptitudes g_i et s_{ij} par les formules :

$$g_i = \frac{X_{i\cdots}}{nr_{i\cdot}} - \frac{X_{\cdots\cdot}}{N}$$

$$g_j = \frac{X_{\cdot j\cdot\cdot}}{nr_{\cdot j}} - \frac{X_{\cdots\cdot}}{N}$$

$$s_{ij} = \frac{X_{ij\cdot\cdot}}{nr_{ij}} - \frac{X_{i\cdots}}{nr_{i\cdot}} - \frac{X_{\cdot j\cdot\cdot}}{nr_{\cdot j}} + \frac{X_{\cdots\cdot}}{N}$$

H_{ij} mesurera l'heterosis du croisement i x j par une formule analogue à celle de CHANG SHENG LIN (1972) :

$$H_{ij} = \frac{X_{ij\cdot\cdot}}{r_{ij}} - \frac{1}{2n}(X_{ii\cdot} + X_{jj\cdot})$$

Les X sont les totaux de mesures x_{ijkl}, le ou les indices sur lesquels les sommations sont faites sont remplacés par des points.

L'analyse de variance telle qu'elle est décrite précédemment n'est qu'approximative. Etant donnée la non-orthogonalité du plan, l'interaction doit être calculée différemment.

Dans le cas de données non orthogonales l'analyse de variance se complique du fait que les sommes des carrés des écarts ne sont plus indépendantes les unes des autres.

Nous utiliserons une méthode pour calculer l'interaction à l'aide d'un système d'équations à partir des sommes observées (RAO 1952, décrite par DAGNELIE 1970).

RESULTATS

Nombre de descendants par croisement observé

Le tableau 1 donne le nombre de descendants par croisement ayant pu être mesurés. De ce tableau on a pu extraire cinq sous-groupes formant des diallèles complets. On remarque que les tétraploïdes sexués digéniques ont donné peu de descendants. Ceci est dû à la fois au faible nombre de graines et au fait que les descendants de ces croisements fleurissant peu, tous n'ont pu être mesurés.

Les sexués ayant donné le plus grand nombre de descendants sont IS3 et IS4, hybrides entre K189.T et G3. G3 est un clone bon grainier.

Le tableau 2 montre l'un des cinq sous-groupes extraits du tableau 1. Seuls les résultats des analyses de variances de ce sous-groupe sont présentés ici, bien que toutes les analyses aient été faites.

Analyses de variances

Le tableau 3 résume les analyses de variance pour les différents caractères . Il montre que la variabilité entre descendants dans les croisements est hautement significative (1%) quelquesoit le caractère étudié.

Les colonnes CM donnent les carrés moyens recalculés en tenant compte du nombre de descendants par croisement, et les F correspondants.

Pour le caractère MST (matière sèche totale pesée sur cinq plantes), la variabilité entre descendants dans les croisements étant évidente, une analyse plus simple a été faite sur le poids total des cinq plantes (et non plante par plante comme pour les sept autres caractères).

Pour tous les caractères les aptitudes générales des apomictiques sont hautement significatives.

Pour les caractères L, λ , l et MST les aptitudes générales des sexués ne sont pas significatives. Pour tous les autres elles sont hautement significatives.

Les aptitudes spécifiques enfin, sont hautement significatives (1%) pour tous les caractères sauf pour ll (significative à 5%), n et MST (non significative).

TABLEAU 1 : Nombre de descendants observés par croisement.

	T34.T	T35.T	T44.T	K189.T	P2	IS3	IS4	S2.T	Tot.
K4		2	6	10	1	10	10	5	44
K26	3		5	9	2	10	9	3	41
C1	1		1	3	10	8	3	9	35
G17			1	7	4	10	10	5	37
280		3	1		5	6	10	7	32
K20	3			7		8	2	4	24
K211				1		10	10	1	22
T25	2	1	2	2	7	10	10	10	36
Tot.	9	6	16	39	29	64	64	44	271

TABLEAU 2 : Sous-groupe complet extrait du tableau 1.

	K189.T	IS3	IS4	S2.T	Tot.
K4	10	10	10	5	35
K26	9	10	9	3	31
C1	3	8	3	9	23
G17	7	10	10	5	32
K20	7	8	2	4	21
K211	1	10	10	1	22
T25	2	2	9	10	23
Tot.	39	58	53	37	186

TABLEAU 3 : Analyses de variance.

Variation	ddl	CM							
		L	G	λ	ll	L_i	l	n	MST
Apt. gén. comb. sex.	3	1278 1.4	907 6.3**	118 0.5	2.629 4.5**	1010 3.7**	301 2.3	127 8.0**	80586 1.1
Apt. gén. comb. apo.	6	9393 10.2**	1172 8.1**	3996 15.3**	8.733 15.1**	3099 11.4**	2192 16.4**	217 13.6**	37759 5.2**
Apt. spéc. comb.	18	2420 2.6**	340 2.4**	721 2.7**	1.224 2.1**	1274 4.7**	383 2.9**	26.2 1.6	27614 1
Entre desc. dans crt.	160	922 9.3**	144 15.9**	262 10.5**	0.578 8.9**	272 20.5**	134 19.3**	15.9 14.5**	72141
Résiduelle	1692	99	9.1	25.0	0.0647	133	6.92	1.100	

Aptitudes à la combinaison

Le tableau 4 donne les aptitudes générales et spécifiques à la combinaison.

Parmi les sexués IS4 présente la meilleure aptitude générale pour la majorité des caractères; vient ensuite K189.T. Les meilleurs apomictiques sont T25, K26, G17 et K211, ceci pour pratiquement tous les caractères.

Le tableau 5 donne les moyennes des croisements. Des tableaux 4 et 5 ont été extraites les données portées dans le tableau 6. Pour chacun des caractères, les meilleurs croisements (ayant plus de cinq descendants) sont classés et leurs aptitudes correspondantes sont notées en regard. On peut remarquer - à quelques exceptions près - que dans tous les croisements le parent mâle a toujours une bonne aptitude générale à la combinaison. Lorsque le parent mâle n'a pas une bonne aptitude générale, le croisement a une aptitude spécifique importante. L'aptitude générale du parent femelle est variable. Il semble qu' excepté pour les croisements avec IS4, l'aptitude générale du parent sexué intervienne peu dans la réalisation d'un bon croisement.

Il apparait que la qualité du résultat final, la valeur de l'hybride, dépend essentiellement de l'aptitude générale de l'apomictique (♂), l'aptitude générale du sexué (♀) étant dans une large part indifférente. L'interaction entre les deux parents, l'aptitude spécifique, peut cependant remédier à une mauvaise aptitude générale du parent apomictique.

Cas particulier de la productivité (MST)

Pour ce caractère, seule l'aptitude générale des apomictiques est significative. Les meilleurs parents étant dans l'ordre : T25, K211 et K26. T25 n'avait jusqu'à ce jour jamais été étudié pour sa valeur fourragère, car le seul aspect de cette plante - très remontante, à noeuds très nombreux, feuilles minces et rigides - ne permettait pas de la considérer à priori comme un bon fourrage. Cependant, dans l'étude d'un polycross entre

TABLEAU 4 : Aptitudes à la combinaison.

Aptitudes générales des sexués

	K189.T	S2.T	IS3	IS4
L				
G	1.7	-0.6	-1.3	0.6
λ				
ll	0.1	-0.1	0.1	0.0
L_i	1.3	-1.5	-1.3	1.5
l	0.4	-0.7	-0.8	1.1
n	0.6	-0.1	-0.6	0.1
MST				

Aptitudes générales des apomictiques

	K4	K26	C1	G17	K20	K211	T25
L	-3.0	4.6	-4.0	0.2	-11.	9.8	2.7
G	-2.0	2.2	-0.9	2.2	-0.7	1.4	-2.5
λ	-0.1	1.9	-6.4	2.4	-3.3	-2.7	5.9
ll	0.1	0.0	-0.4	0.2	0.0	0.1	-0.1
L_i	0.9	-1.2	-5.0	0.4	-4.1	2.8	5.5
l	0.8	-0.9	-3.3	-1.2	-3.2	2.9	5.0
n	-0.3	0.0	-1.9	0.6	1.1	0.4	0.1
MST	-63	57	-84	-124	-12	46	244

Aptitudes spécifiques des croisements

Croisements avec les sexués digéniques

	L	G	λ	ll	Li	l
K189.TxK4	1.1	0.6	-1.8	0.0	0.8	1.3
xK26	5.8	2.3	1.6	0.0	4.8	3.5
xC1	-4.9	-3.0	-0.6	-0.4	-1.7	-1.4
xG17	4.9	-0.7	4.6	0.0	0.3	0.1
xK20	1.3	-3.1	-3.3	-0.2	-3.7	-2.5
xK211	-4.6	0.0	-0.3	0.2	-0.6	-1.4
xT25	11.0	2.2	-2.1	-0.1	3.5	3.1
S2.TxK4	2.2	-0.7	-1.2	-0.1	-3.5	-18
xK26	5.6	4.6	0.9	0.3	6.4	2.5
xC1	3.9	3.3	1.3	0.1	2.2	1.4
xG17	-1.4	0.3	0.3	0.0	1.0	0.7
xK20	18.2	4.3	5.6	0.3	6.9	3.6
xK211	-1.6	-1.7	-4.3	-0.3	-1.4	-2.1
xT25	-8.3	-3.0	-3.1	0.0	-4.7	-3.2

Croisements avec les sexués hybrides

	L	G	λ	ll	Li	l
IS3xK4	-3.0	-1.6	-0.1	0.0	-1.2	-1.1
xK26	-0.5	-3.1	0.7	0.0	-4.0	-2.5
xC1	0.8	-0.6	-0.3	-0.1	0.7	0.8
xG17	-2.4	0.5	0.0	-0.1	1.3	0.9
xK20	-1.1	0.7	1.4	0.0	1.3	1.4
xK211	3.4	1.5	1.9	0.0	2.8	2.2
xT25	13.3	2.9	14.1	0.5	13.8	6.3
IS4xK4	0.6	0.7	3.3	0.0	1.4	0.4
xK26	-7.4	-1.1	-2.9	-0.2	-3.3	-1.9
xC1	-2.3	-2.2	0.0	0.2	-1.6	-2.2
xG17	-0.7	-0.3	-3.5	0.0	-2.4	-1.6
xK20	-3.5	-2.4	-3.7	-0.1	-4.0	-2.0
xK211	-4.2	-0.8	-1.4	0.0	-2.9	-2.1
xT25	1.9	1.9	0.6	0.0	1.8	1.0

TABLEAU 5 : Moyennes des croisements.

L L_i
G l^i
λ n
ll MST

♂ \ ♀	K189.T		S2.T		IS3		IS4	
K4	93.9	41.5	94.3	34.4	88.7	37.0	97.7	42.3
	32.2	27.4	33.2	23.2	31.6	23.8	35.8	27.2
	16.0	6.87	15.3	7.50	15.0	5.84	21.2	6.06
	1.25	378	0.92	402	1.18	477	1.06	517
K26	106.2	43.4	105.6	42.2	98.9	32.0	97.3	35.6
	42.7	27.9	42.7	25.8	34.3	20.7	38.2	23.2
	21.2	7.28	19.5	8.03	19.1	5.93	17.1	6.58
	1.10	530	1.13	684	1.08	563	0.77	576
C1	86.9	33.1	94.9	34.2	91.5	32.9	93.7	33.4
	34.1	20.6	38.2	22.3	33.6	21.6	33.9	20.4
	10.8	5.57	11.5	5.36	9.72	3.98	11.6	5.17
	0.69	364	0.54	417	0.57	501	0.73	330
G17	100.9	40.6	94.0	44.5	92.5	39.0	97.3	38.1
	39.6	24.2	38.4	23.7	37.8	23.8	38.9	23.2
	24.8	7.06	19.2	7.46	18.8	6.56	16.9	8.43
	1.24	336	1.05	351	1.19	400	1.21	432
K20	79.3	32.0	102.3	39.8	82.5	34.4	85.5	31.9
	34.3	19.6	39.5	24.5	35.2	22.3	34.1	20.7
	11.2	9.14	18.8	7.88	14.5	7.19	11.0	5.80
	0.82	384	1.15	469	1.05	657	0.79	337
K211	101.0	42.0	103.3	38.3	107.9	42.9	105.7	40.0
	39.5	26.8	35.5	25.0	38.1	29.2	37.7	26.9
	18.8	8.70	9.52	6.40	15.6	7.18	13.9	7.12
	1.39	690	0.63	511	1.15	583	1.02	528
T25	109.5	48.8	89.5	37.8	110.6	56.7	104.7	47.4
	37.8	33.4	30.3	26.0	35.6	23.8	36.4	31.9
	21.6	7.65	19.4	6.84	36.5	7.35	24.5	6.47
	0.95	811	0.85	789	1.55	811	0.94	697

TABLEAU 6 : Meilleurs croisements et aptitudes à la combinaison correspondantes.

Caract.	meilleurs crt.	$\bar{x}$	A.G.SEX.	A.G.APO.	A.S.C.	Caract.	meilleurs crt.	$\bar{x}$	A.G.SEX.	A.G.APO.	A.S.C.
L	IS3xK211	107.9	-0.2	10.9	3.0	L_i	IS4xT25	47.42	2.8	5.9	0.2
	K189.TxK26	106.2		4.4	5.8		S2.TxG17	44.50	-1.5	0.9	1.4
	IS4xK211	105.7	5.9	10.9	-0.3		K189.TxK26	43.41	1.3	-1.8	4.8
	IS4xT25	104.7	5.9	4.1	-0.6		IS3xK211	42.91	-0.9	3.3	2.6
							IS4xK4	42.30	2.8	1.1	1.0
G	K189.TxK26	42.7	1.7	1.9	2.3	l	IS4xT25	31.95	2.0	5.0	1.1
	K189.TxG17	39.6	1.7	2.8	-0.7		IS3xK211	29.21	-0.7	3.3	2.0
	IS4xG17	38.9	1.5	2.8	-0.6		K189.TxK26	27.90	0.4	-1.8	3.5
	S2.TxG17	38.4	-0.5	2.8	0.5		K189.TxK4	27.34	0.4	0.8	1.3
	IS4xK26	38.2	1.5	1.9	-0.4						
λ	K189.TxG17	24.8		1.9	4.6	n	K189.TxK20	9.14	0.64	0.90	
	IS4xT25	24.5	2.1	6.3	0.0		IS4xG17	8.43	0.18	0.83	0.55
	IS4xK4	21.2	2.1	0.6	2.7		S2.TxK4	7.50	0.15	-0.27	1.15
	K189.TxK26	21.2		1.5	1.6		S2.TxG17	7.46	0.15	0.83	-0.10
ll	K189.TxK4	1.25	0.1	0.15	0.0						
	K189.TxG17	1.24	0.1	0.23	0.0						
	IS4xG17	1.21	0.0	0.23	0.0						

diploïdes sexués (CHAUME 1977b), le clone T26, proche phénotypiquement du tétraploïde T25, a donné une descendance de haute productivité. Les hybrides de T25 ont un bon rendement en matière sèche. Les défauts de T25, transmis aux hybrides, peuvent être amoindris par une exploitation culturale appropriée (installation par semis, exploitation rapide avant floraison, etc...). T25 est donc un clone à retenir dans un schéma de selection. L'importante remontaison et la taille des inflorecences transmises par T25 à ses hybrides permettrait de réaliser facilement la multiplication par graines.

K211 a toujours été un bon producteur en basse Côte d'Ivoire. On voit qu'il est capable de donner de bons hybrides fourragers. K26, peu producteur lui-même, semble cependant être un bon géniteur.

Variances des descendances

Bien que les plus fortes variances entre descendants (tableau 7) se trouvent dans les croisements où le parent sexué est hybride, on ne peut pas affirmer que les variances des croisements de parents sexués digéniques soient plus faibles que lorsque le parent sexué est hybride. Une analyse en composantes principales sur l'ensemble des sept premiers caractères montrera que la variabilité d'une descendance dépend essentiellement du parent mâle apomictique.

Nous constatons que le progrès attendu au deuxième cycle du schéma d'amélioration (PERNES et al. 1975a) est effectif, puisque les croisements sont plus faciles avec les hybrides sexués, et que les hybrides obtenus dans ces croisements sont en général meilleurs.

Analyse en composantes principales

Le tableau 8 donne la matrice des coéfficients de corrélation entre les sept premiers caractères. Le caractère n (nombre de ramifications du verticille de base) est en faible corrélation avec les autres caractères. Tous les autres caractères sont significativement corrélés entre eux (le nombre de degrés de liberté de ces coéfficients est 280).

TABLEAU 7 : Variance entre descendants dans les croisements.

	Croisements	ddl	L	G	λ	ll	L_i	l	n	MST
Digéniques	K189.TxK4	9	435.2	101.3	200.1	1.09	116.6	79.1	7.65	11010
	xK26	8	567.0	71.0	117.4	0.37	50.0	45.8	2.69	23267
	xG17	6	452.1	63.6	103.6	1.60	159.0	38.1	6.63	22509
	S2.TxC1	8	1225.8	328.2	361.0	0.45	430.1	209.7	11.38	31490
	xT25	9	797.7	53.1	115.8	0.39	215.8	103.2	14.07	75869
Hybrides	IS3xK4	9	1365.2	161.0	153.0	0.52	468.4	259.9	7.94	42624
	xK26	9	439.9	45.9	55.7	0.08	113.3	46.6	13.96	118778
	xG17	9	142.6	52.9	434.0	0.38	34.9	29.8	6.76	58117
	xC1	7	1466.1	338.5	30.0	0.13	414.7	201.9	17.25	145065
	IS4xK4	9	1710.7	413.0	574.1	1.01	443.9	229.0	17.96	21619
	xK26	8	181.8	63.5	170.4	0.23	152.8	38.5	11.17	24884
	xG17	9	947.0	64.4	145.7	0.68	176.7	95.6	25.58	70565
	xT25	9	904.0	199.5	1502	0.99	905.5	331.5	29.54	101208

LEAU 8 : Coéfficients de corrélation

	G	λ	ll	L_i	l	n
	0.70	0.45	0.41	0.72	0.71	-0.01
		0.21	0.33	0.60	0.54	0.18
			0.64	0.65	0.52	-0.02
l				0.54	0.46	0.17
i					0.95	0.09
						0.05

TABLEAU 9 : Valeurs propres et facteurs

	1	2	3
L	0.88	-0.02	-0.47
G	0.75	0.35	-0.40
λ	0.75	-0.35	0.47
ll	0.73	0.00	0.74
L_i	1.00	-0.05	-0.09
l	0.94	-0.07	-0.23
n	0.13	1.00	1.00
valeurs propres	3.872	1.063	0.992
%	55.32	15.19	14.17
% cumulés	55.32	70.51	84.67

Le tableau 9 donne les trois premières valeurs propres de la matrice de corrélation et les facteurs correspondants. La deuxième et la troisième valeur propre sont du même ordre de grandeur. L'étude des plans des axes (1,2) et (1,3) est donc intéressante, car ces deux plans extraient environ 70% de l'information totale représentée par l'ensemble des données.

L'axe 1 élimine le caractère n par rapport aux autres. Il a pour équation :

$$L_i + 1 + \frac{3}{4} (L + G + \lambda + 11)$$

Pour l'axe 2, trois caractères ont de l'importance. Son équation est la suivante :

$$n + \frac{1}{3} (G - \lambda)$$

L'axe 3 est plus complexe, mais donne à n et 11 la plus grande part. Son équation est :

$$n + \frac{3}{4} 11 + \frac{1}{2} (\lambda + L) - \frac{2}{5} G - \frac{1}{4} 1$$

Sur les 16 graphiques obtenus, 4 seulement sont donnés à titre d'exemple d'une descendance d'un sexué digénique : K189.T (fig.4, axes 1,2) et S2.T (fig.6, axes 1,3).

Pour les descendances de sexués hybrides : IS3 (fig.5, axes 1,2) et IS4 (fig.7, axes 1,3).

Aucune différence n'est mise en évidence quant à la variabilité de ces descendances. On remarque cependant que K189.T est intérieur au polygone de ses hybrides, et que c'est le seul parent sexué qui donne ce type de graphique.

L'action prépondérante de l'apomictique dans l'hybride ne permet pas aux caractères forts de IS3, IS4 et S2.T de s'exprimer pleinement, ce qui empêche les hybrides avec ces trois derniers sexués d'être attirés par eux. K189.T, moins différent des apomictiques quant à la valeur des caractères mesurés, crée des hybrides plus proches de lui.

Sur les 16 graphiques représentant l'ensemble des descendances d'un parent apomictique (♂) dans les deux plans,

quatre sont montrés à titre d'exemple :

Figures 8 et 9 (axes 1,2), 10 et 11 (axes 1,3),

K211 (fig.8), T25 (fig.9), K4(fig.10) et K26 (fig.11).

Ici les variabilités des descendances de K211 et K26 sont plus faibles que celles de K4 et T25. Ces deux derniers apomictiques se placent à l'intérieur des polygones de leurs hybrides.

On note deux comportements chez les apomictiques :

celui de K211, K26 et G17 - variabilité modérée et parent différent de tous les hybrides,

celui de T25, C1, K4 et K20 - variabilité plus importante et parent proche de certains hybrides.

Les éléments de ce dernier groupe d'apomictiques ont des points communs. Ils ont des phénotypes originaux. Deux sont des hybrides interspécifiques : C1 avec P.infestum, et K4 avec P.trichocladum. T25 est très éloigné génétiquement de l'ensemble des autres clones. K20 provient d'une zone marginale de l'aire d'extension des P.maximum en Afrique de l'Est.

L'éloignement génétique entre le groupe sexué et le groupe apomictique, qu'il soit dû à une hybridation interspécifique ou à un début de spéciation dans une zone géographique isolée,conduit à un étalement de la variabilité des descendances des croisements.

Sur les nombreux graphiques des croisements ayant au moins huit descendants, six ont été retenus à titre d'exemple :

Figures 12, 13 et 14 (axes 1,2), 15, 16 et 17 (axes 1,3).

On remarque (fig.13 et 15) les faibles variabilités des croisements IS4 x G17 et IS4 x K26. Ceci est général pour tous les croisements avec G17 et K26. Par contre les croisements S2.T x C1, IS4 x T25, IS3 x C1 et IS3 x K4 (fig. 12, 14, 16 et 17) sont beaucoup plus variables. On retrouve, au niveau des croisements, les deux types de comportements d'apomictique signalé ci-dessus.

Sur la représentation graphique de notre analyse en composantes principales ont été portées les productivités.

A cette fin, les poids de matière sèche ont été ré-

partis en trois classes :

MST > 600g, 400g < MST < 600g, et MST < 400g

Sur la figure 18, chaque hybride est affecté d'un signe différent selon la classe à laquelle il appartient. La répartition des classes sur ce graphique est indépendante des caractères intervenant dans l'analyse en composantes principales.

L'amélioration simultanée des caractères grainiers liés aux caractères d'inflorescence, et des caractères fourragers, semble donc possible.

CONCLUSIONS

Quatre points importants ressortent de cette étude :

1- difficulté d'obtenir de nombreux hybrides avec les sexués digéniques,

2- grande variabilité entre descendants et grande variabilité des aptitudes à la combinaison,

3- prépondérance de l'action de l'apomictique et répartition des apomictiques en deux types,

4- seule l'aptitude générale de l'apomictique est significative pour la productivité (matière sèche totale).

L'étude quantitative des croisements entre clones sexués et apomictiques chez Panicum maximum montre que les ressources génétiques à l'intérieur de ce groupe sont importantes, et les possibilités d'utilisation de ce matériel en amélioration des plantes sont nombreuses. Le succès du schéma de sélection ne peut être que certain.

L'étude des caractères précis envisagés ici montre que l'hybridation est effective, et que les caractères des parents - particulièrement ceux du parent ♂ apomictique - se retrouvent nettement dans les hybrides. Les aptitudes générales à la combinaison sont généralement significatives, ce qui permet de classer les clones et par conséquent de guider le choix du selectionneur. La présence d'aptitude spécifique à la combinaison et la grande variabilité des descendances ouvrent un éventail de nouvelles plantes crées

propice au progrès rapide de la selection.

L'application du schéma théorique (PERNES et al. 1975a) donne les résultats attendus puisque, au deuxième cycle de ce schéma des hybrides trois voies (sex x apo) x apo nettement améliorés ont été obtenus.

Du point de vue pratique, les rendements en matière sèche totale dépendent essentiellement du parent apomictique. Les nombreuses études de comportement variétal faites à Adiopodoumé et à Bouaké (Côte d'Ivoire) permettront de créer des hybrides adaptés à la demande, soit à la zone de savane, soit à la zone de forêt, par un choix approprié du parent apomictique.

BIBLIOGRAPHIE

CHAUME R., 1971 - Essai de description des populations de Panicum maximum Jacq. d'Afrique de l'Est par l'analyse factorielle des correspondances sur des caractères qualitatifs morphologiques. Adiopodoumé, rapport ORSTOM, 18p multigr.

CHAUME R., 1977a - Les populations naturelles de Panicum maximum : étude du polymorphisme par l'analyse factorielle des correspondances (en préparation).

CHAUME R., 1977b - Organisation génétique des P.maximum: étude des diploïdes sexués (en préparation).

CHUANG-SHENG LIN, 1972 - Analysis of diallel crosses between groups were parental lines are included. Biometrics, 28(2): 612-618.

COMBES D., 1975 - Polymorphisme et modes de reproduction dans la section des Maximae du genre Panicum (Graminées) en Afrique. Mémoires ORSTOM, Paris, 77: 100p.

COMBES D. et PERNES J., 1970 - Variations dans les nombres chromosomiques du Panicum maximum Jacq. en relation avec le mode de reproduction. C.R.Acad.Sci., Paris, série D, 270: 782-785.

DAGNELIE P., 1970 - Théorie et méthodes statistiques. Vol. II: les méthodes de l'inférence statistique. Editions J.Duculot S.A., Gembloux: 451p.

PERNES J., 1975 - Organisation évolutive d'un groupe agamique: la section des Maximae du genre Panicum (Graminées). Mémoires ORSTOM, Paris, 75: 108p.

PERNES J., CHAUME R., RENE J. et SAVIDAN Y., 1975a - Schéma d'amélioration génétique des complexes agamiques du type Panicum. Cah.ORSTOM, sér.Biol., X(2): 67-75.

PERNES J., RENE J., CHAUME R., LETENNEUR L., ROBERGE G. et MESSAGER J.-L., 1975b - Panicum maximum Jacq. et l'intensification fourragère en Côte d'Ivoire. Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop., 28(2): 239-264.

RAO C.R., 1952 - Advanced statistical methods in biometric research. Wiley Ed., New-York: 390p.

SAVIDAN Y., 1975 - Contribution à l'étude de l'hérédité de l'apomixie chez Panicum maximum Jacq. (analyse des sacs embryonnaires). Cah.ORSTOM, sér.Biol., X(2): 91-95.

SAVIDAN Y., 1978 - Analyse génétique des descendants de croisements sexués x apomictiques chez Panicum maximum. II. Nombres chromosomiques et modes de reproduction. (article joint)

SOKAL R.R. et ROHLF F.J., 1969 - Biometry. W.H.Freeman and Co Ed., San Francisco : 776p.

FIGURE 1 : Dispersion de quelques parents dans le plan des composantes 1 et 2 de l'analyse des correspondances des clones de la collection.

- ✱ parents apomictiques : K4,K26,C1,K20,K211 et T25.
- ○ diploïdes sexués isogéniques de parents sexués : T34, T35,T44 et K189.
- ● tétraploïdes digéniques : T44.T et K189.T.
- ★ progéniteurs apomictiques des parents sexués hybrides : 1S3,1S4 et P2.

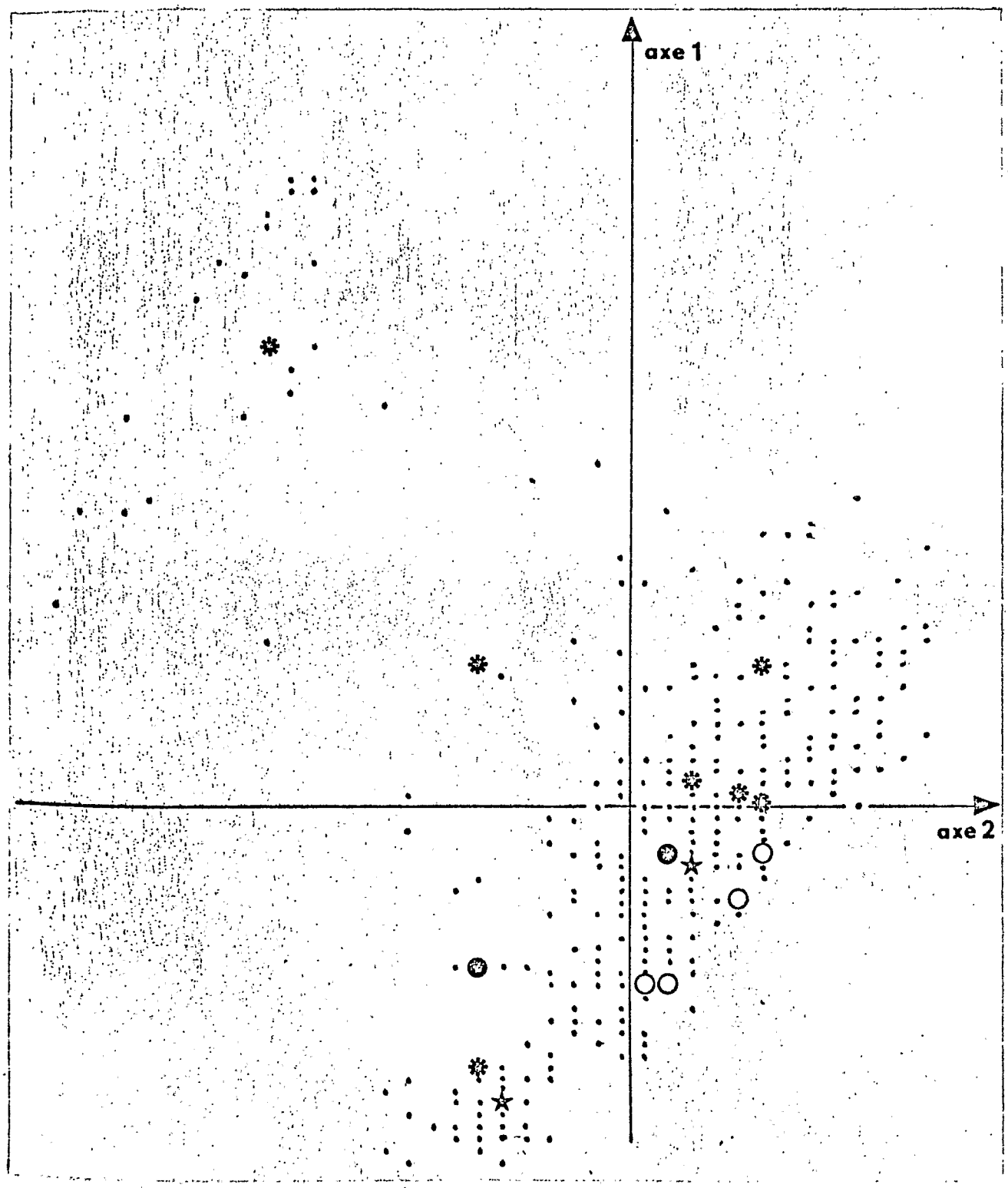


FIGURE 2 : Dispersion de quelques parents dans le plan des composantes 1 et 3 de l'analyse des correspondances des clones de la collection. (même légende que la figure 1)

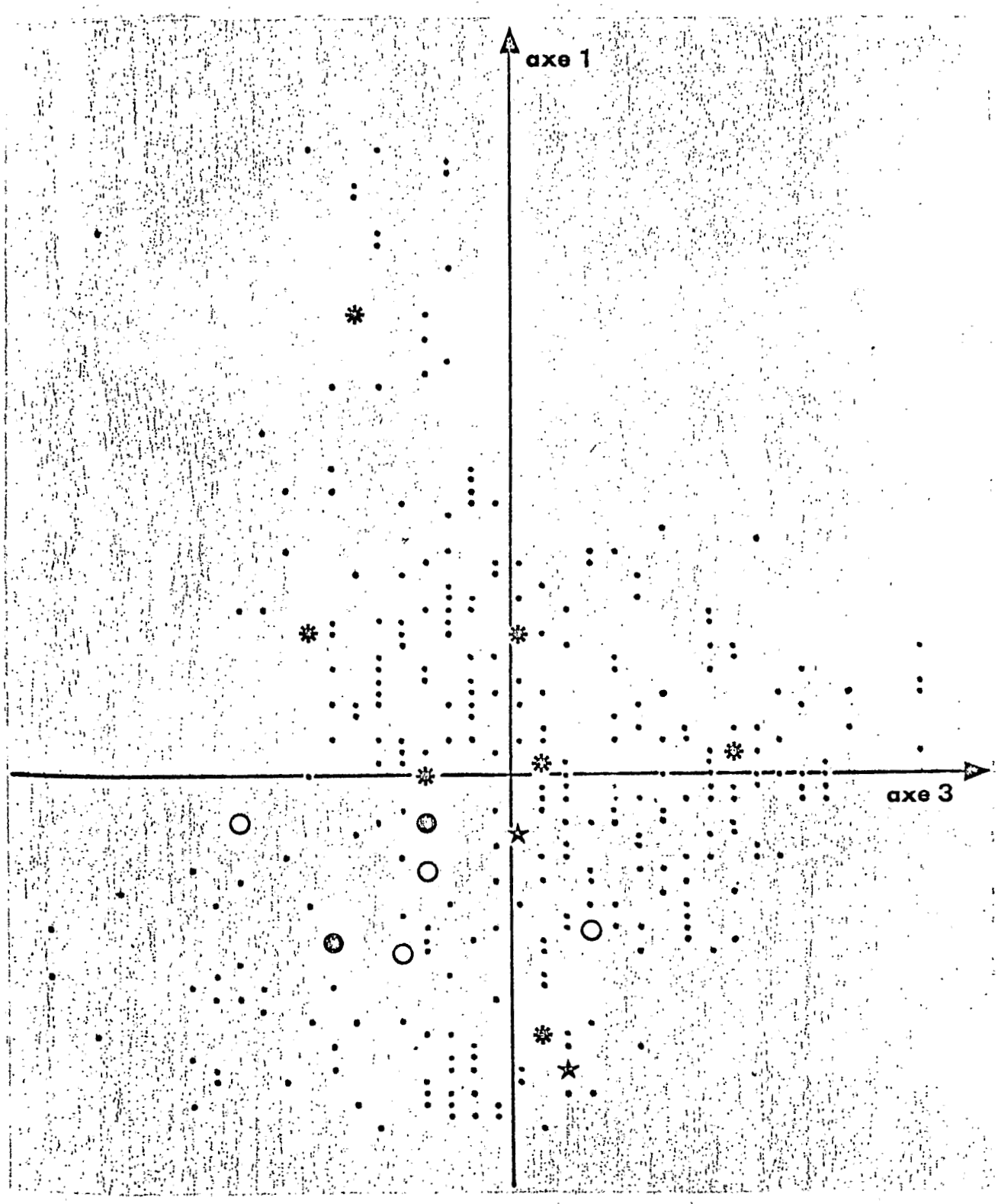


FIGURE 3 : Dispersion de quelques parents dans le plan des composantes 2 et 3 de l'analyse des correspondances des clones de la collection. (même légende que la figure 1)

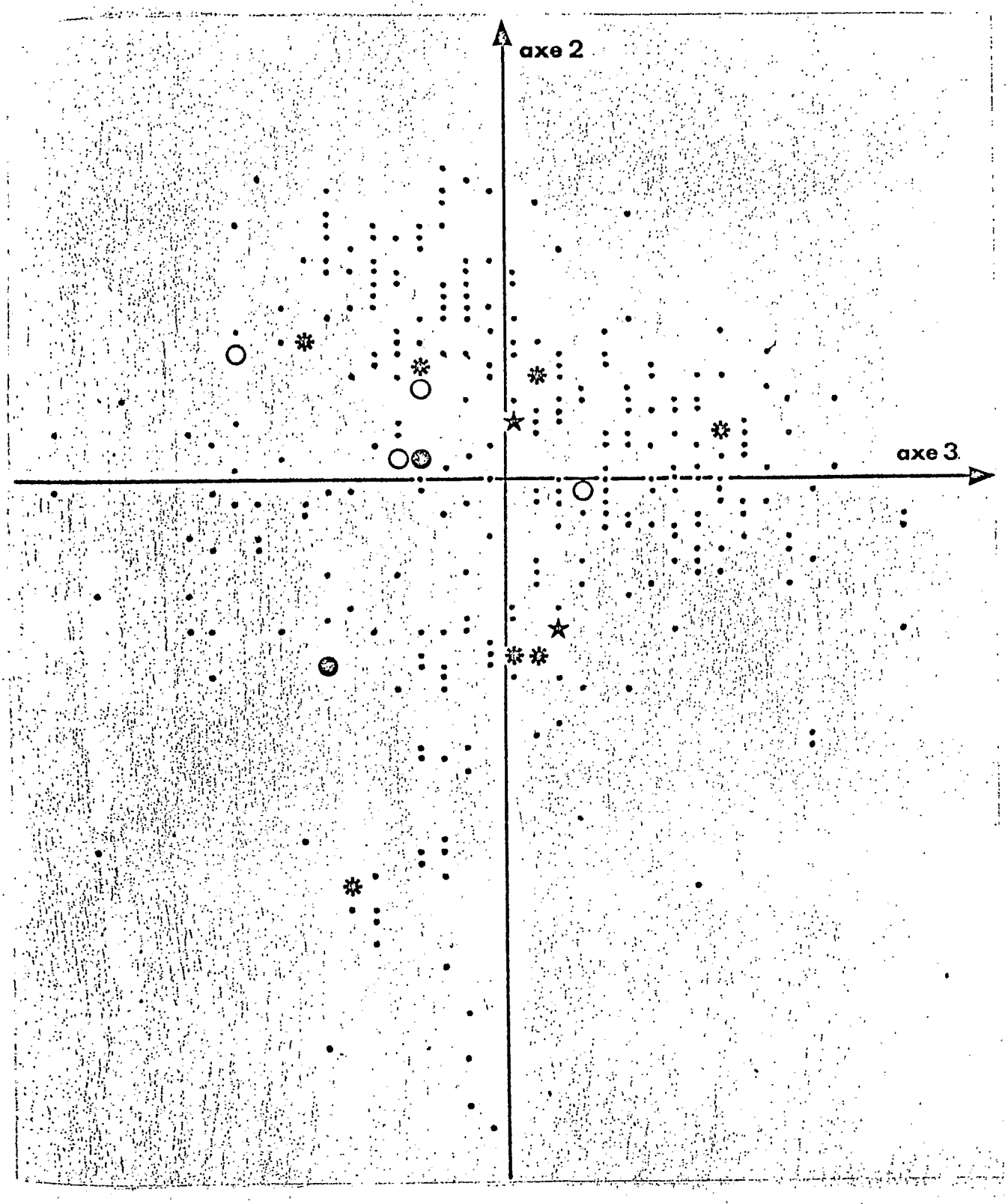


FIGURE 4 : Descendance de K189.T (parent sexué digénique) dans le plan des axes 1 et 2 de l'analyse en composantes principales.

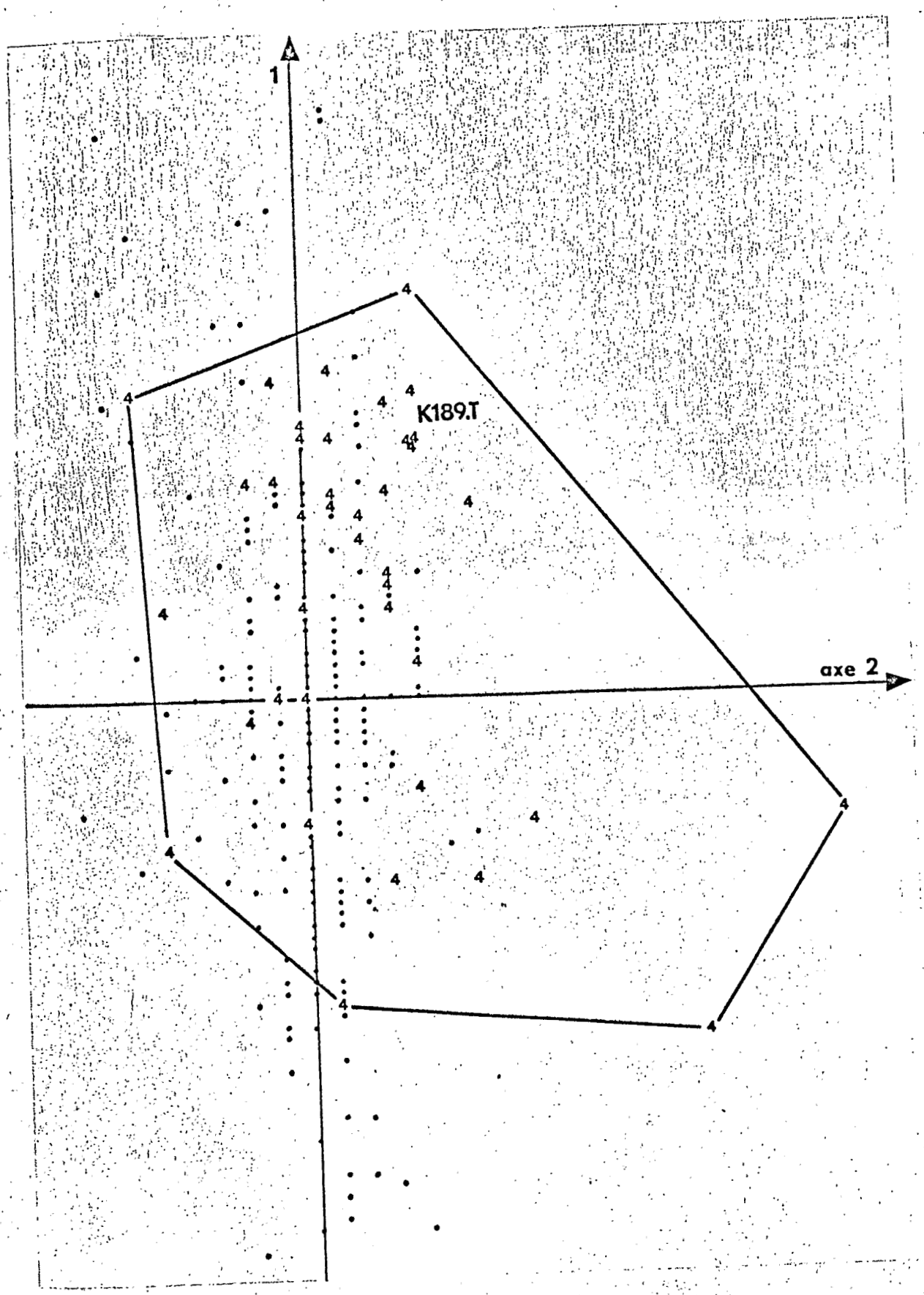


FIGURE 5 : Descendance de 1S3 (parent sexué hybride) dans le plan des axes 1 et 2 de l'analyse en composantes principales.

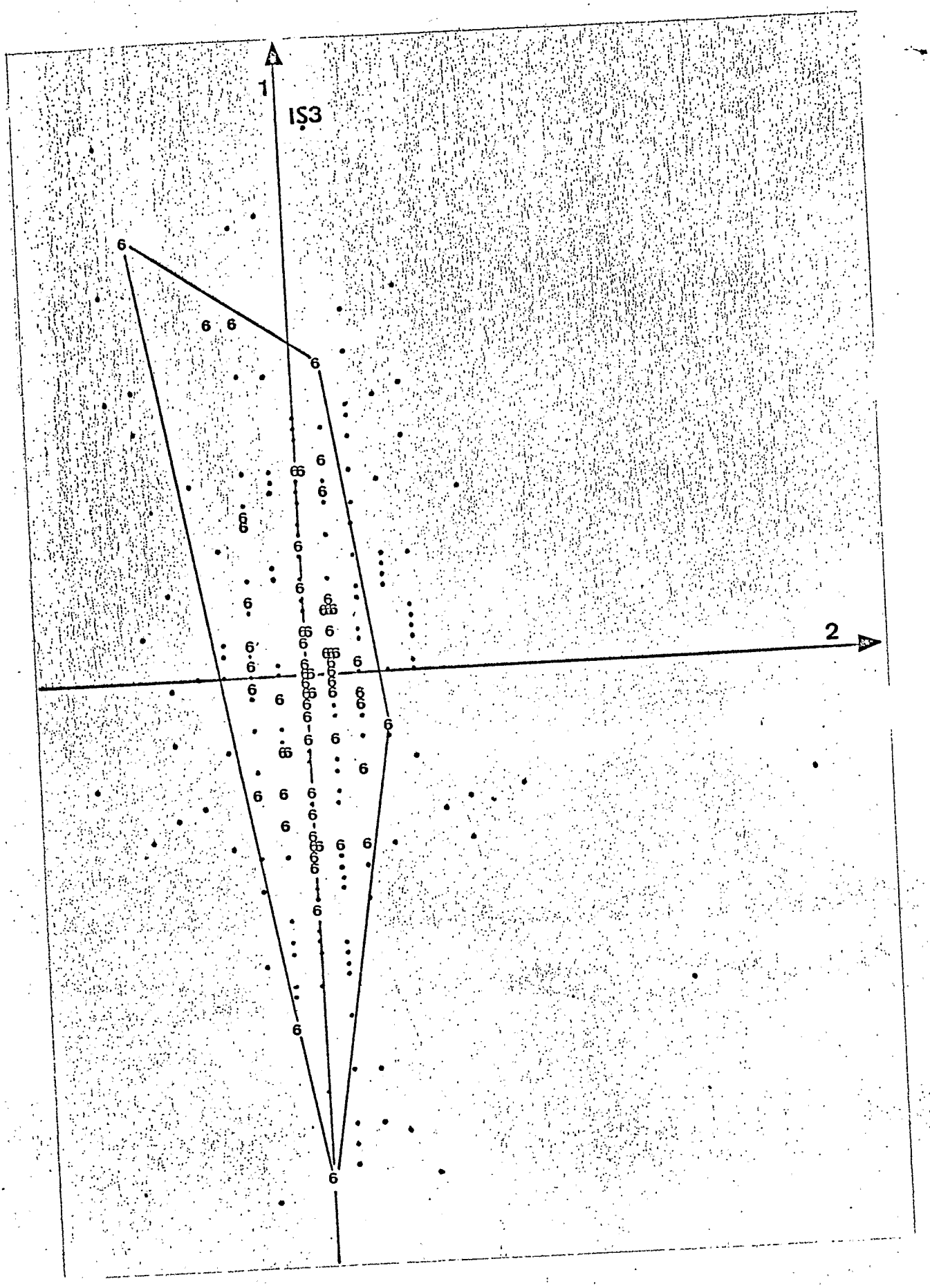


FIGURE 6 : Descendance de S2.T (parent sexué digénique) dans le plan des axes 1 et 3 de l'analyse en composantes principales.

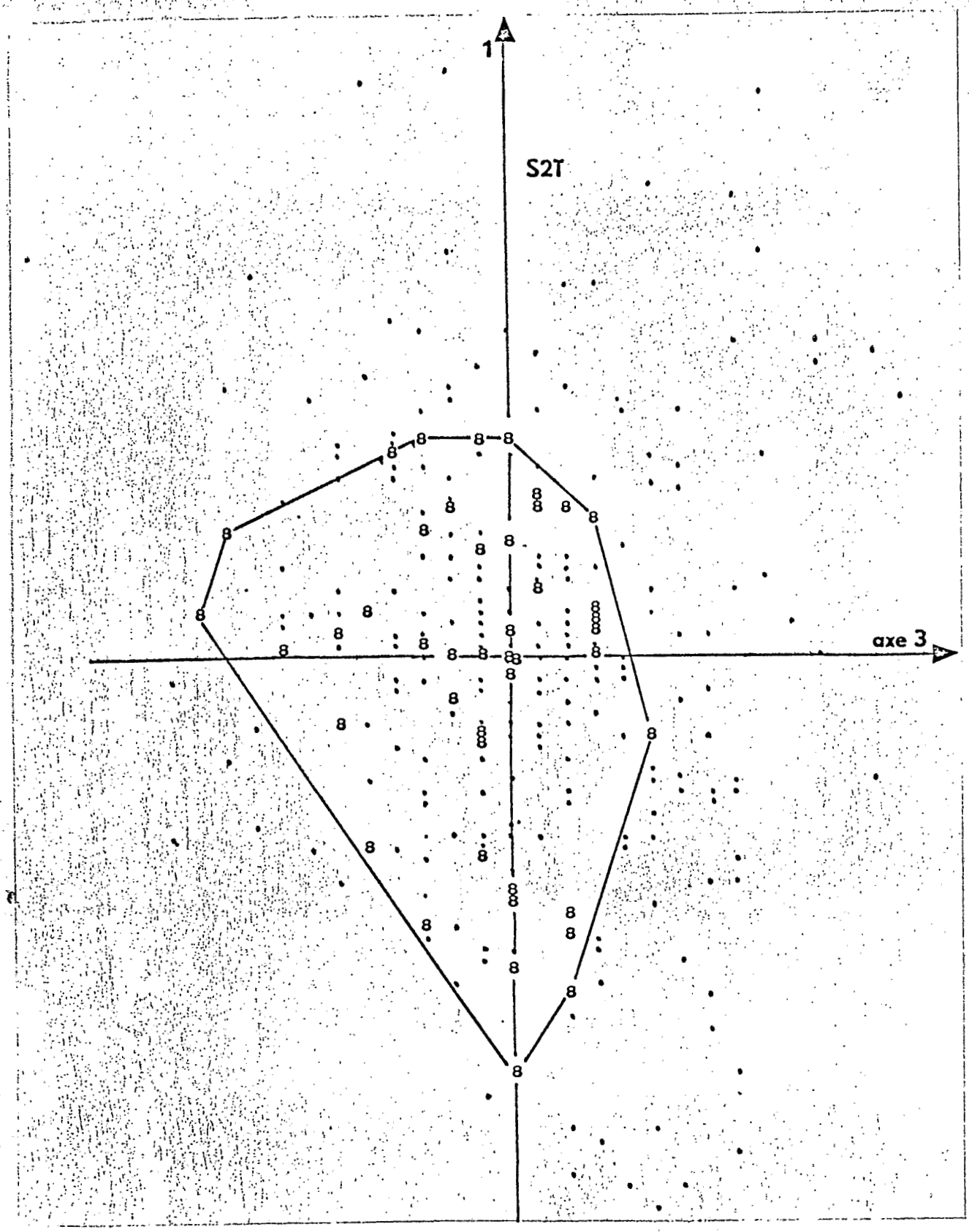


FIGURE 7 : Descendance de 1S4 (parent sexué hybride) dans le plan des axes 1 et 3 de l'analyse en composantes principales.

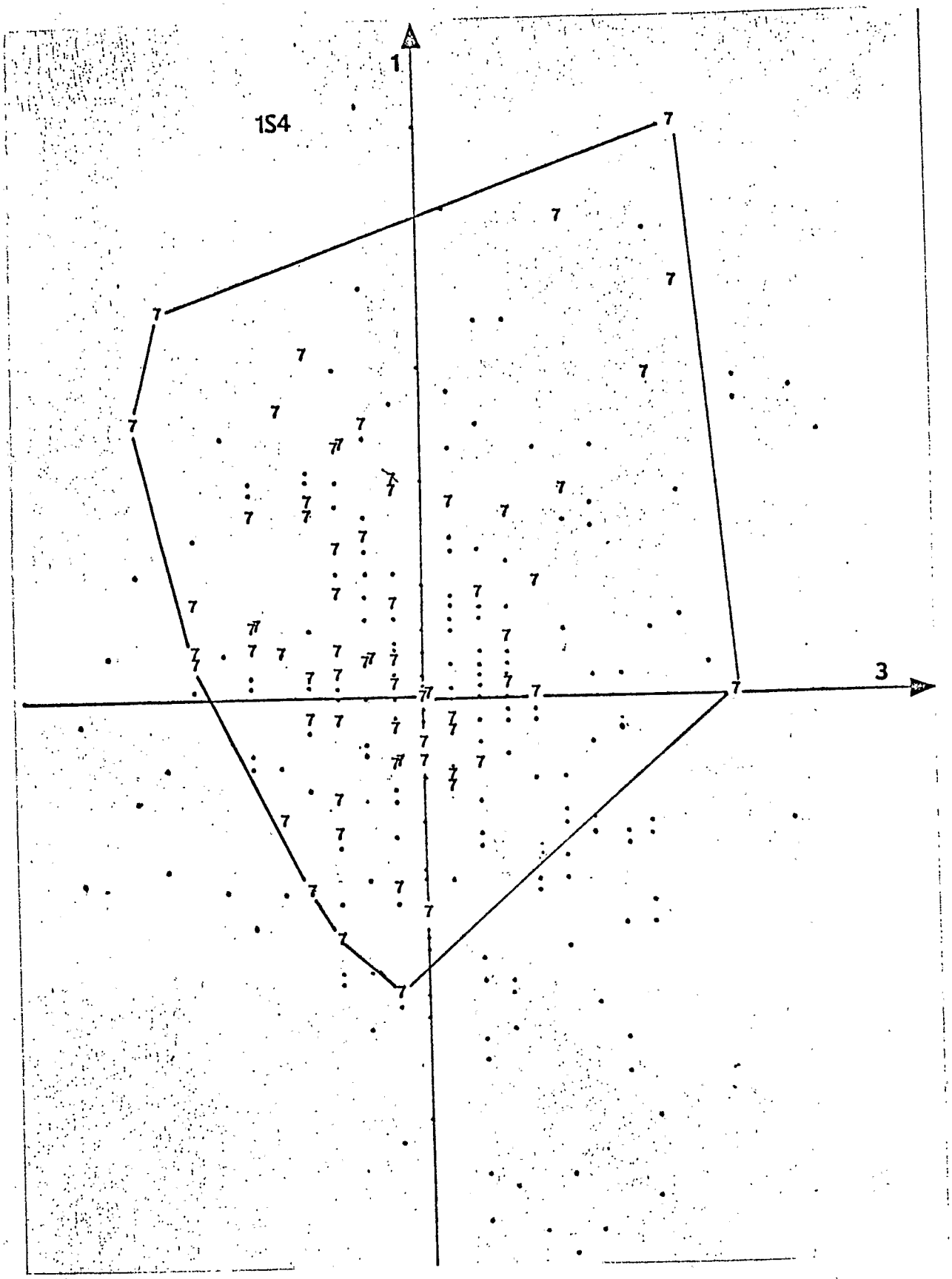


FIGURE 8 : Descendance de K211 (parent apomictique) dans le plan des axes 1 et 2 de l'analyse en composantes principales.

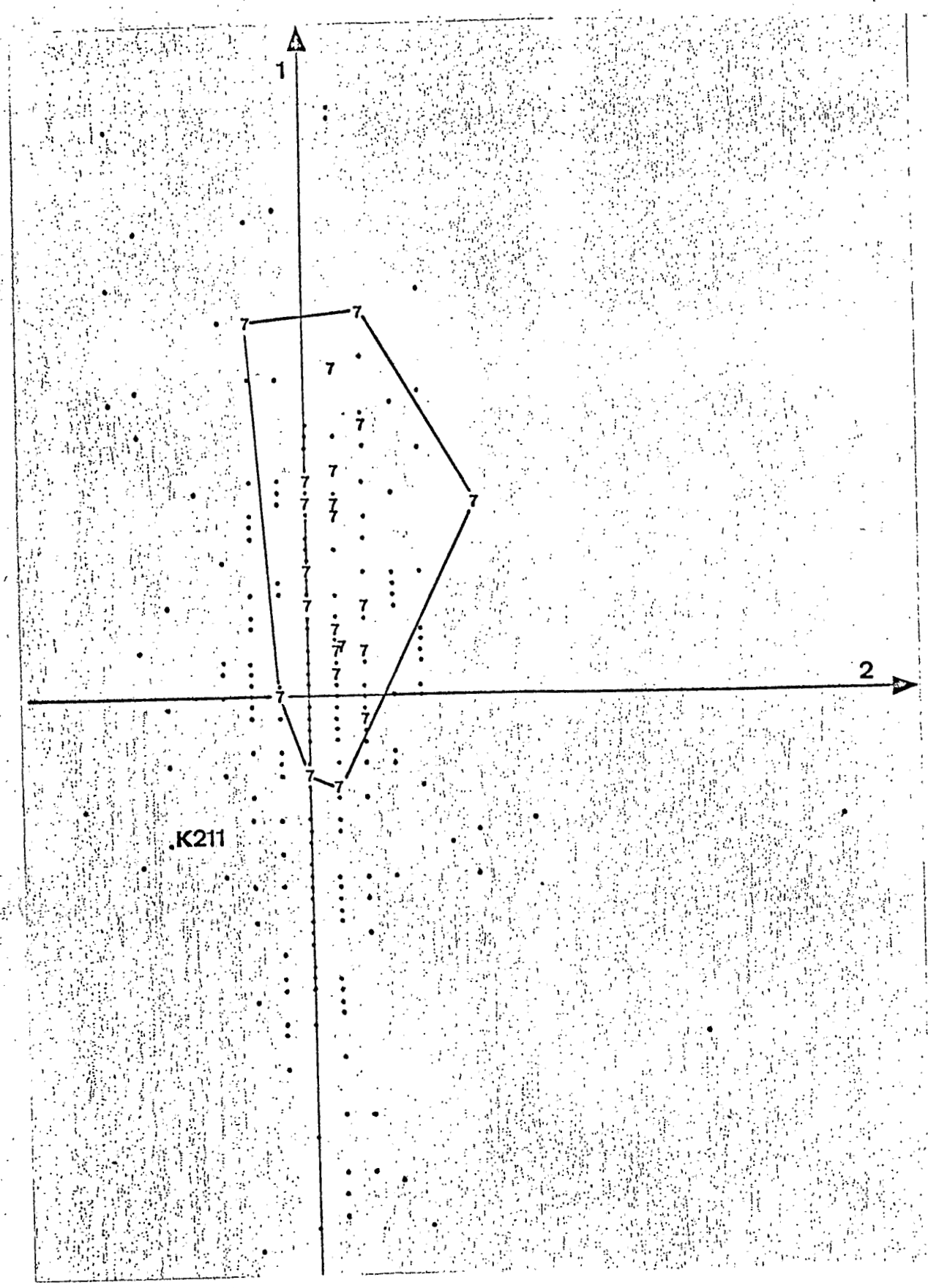


FIGURE 9 : Descendance de T25 (parent apomictique) dans le plan des axes 1 et 2 de l'analyse en composantes principales.

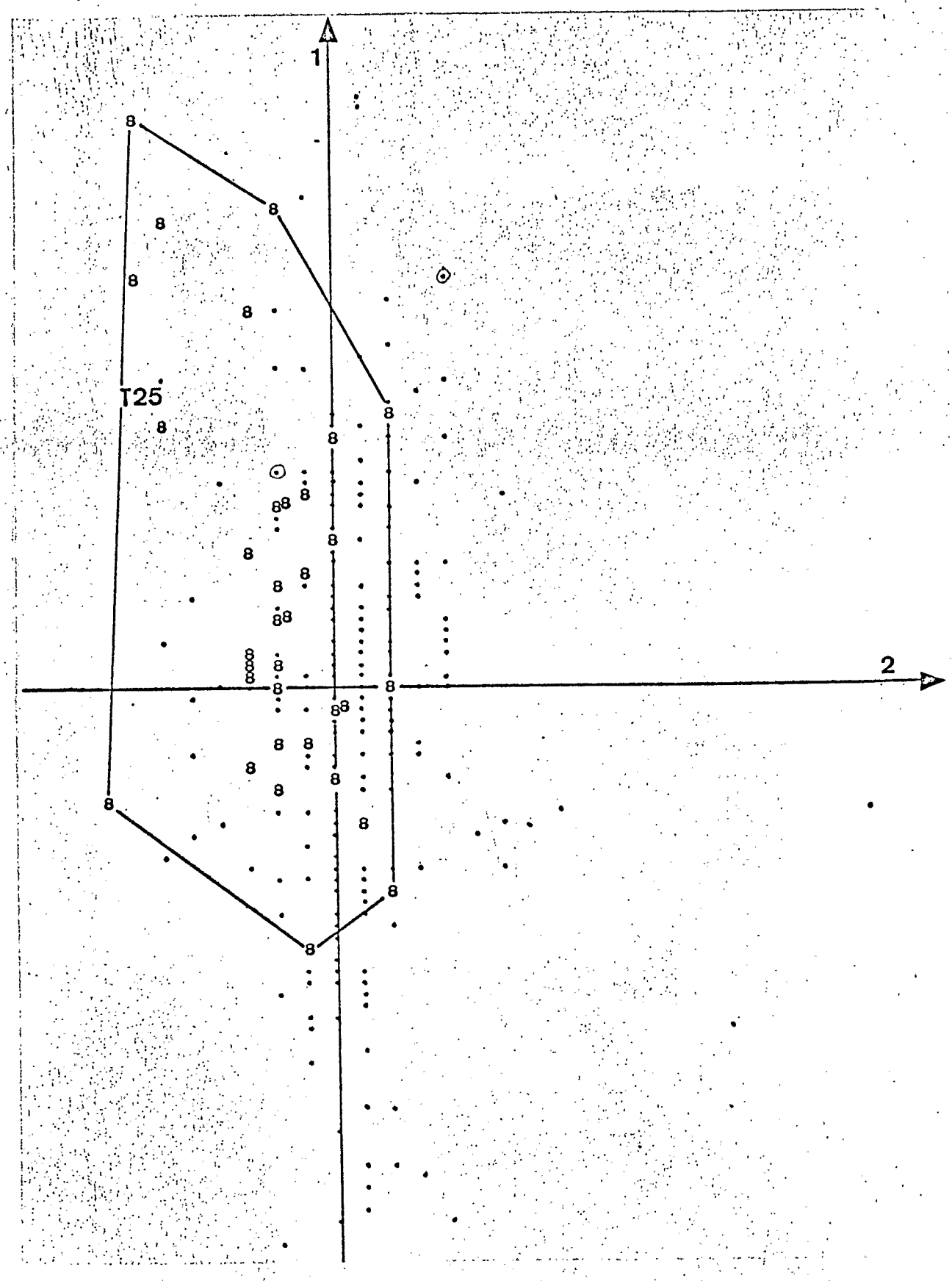


FIGURE 10 : Descendance de K4 (parent apomictique) dans le plan des axes 1 et 3 de l'analyse en composantes principales.

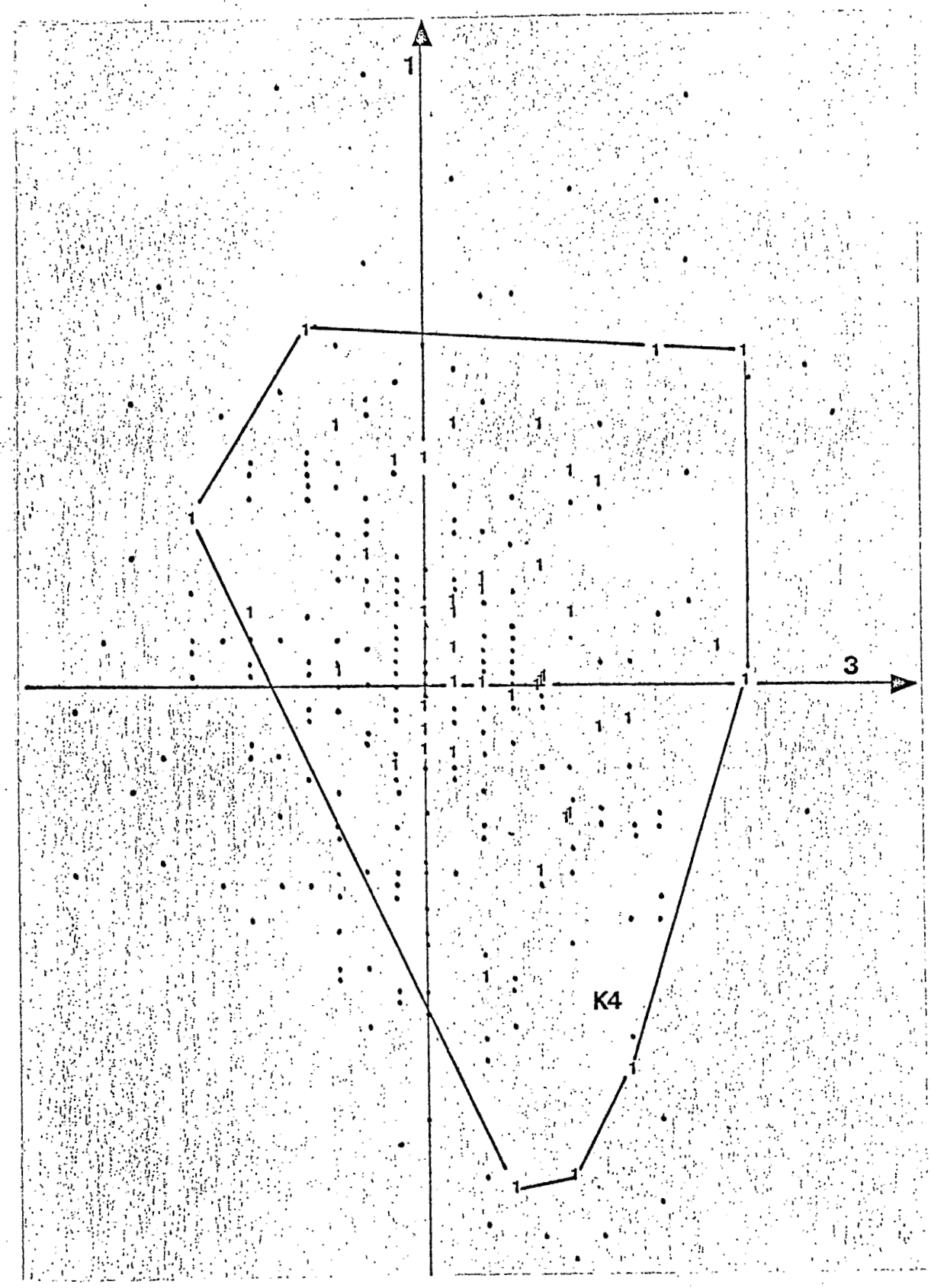


FIGURE 11 : Descendance de K26 (parent apomictique) dans le plan des axes 1 et 3 de l'analyse en composantes principales.

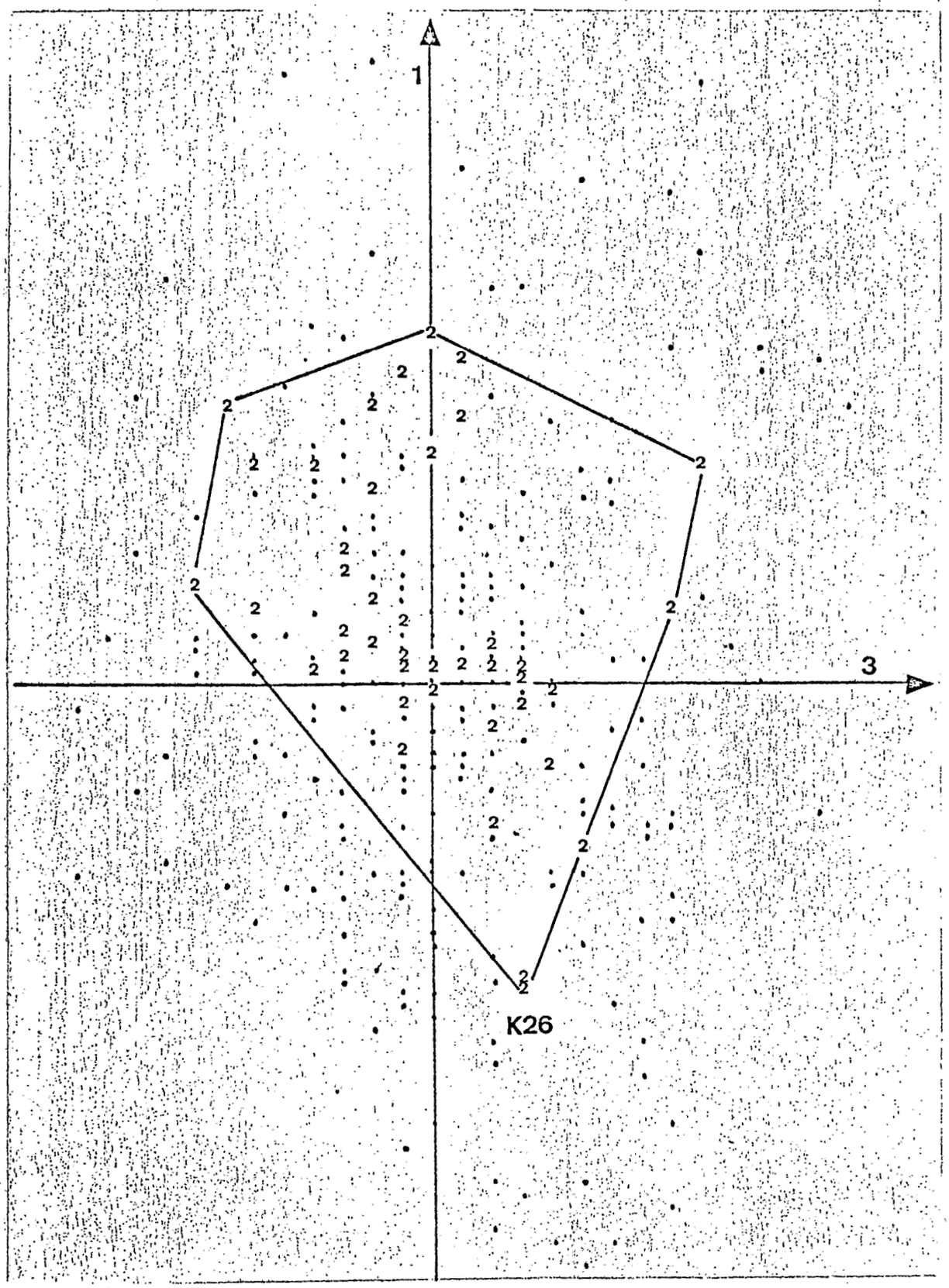


FIGURE 12 : Descendance du croisement S2.TxC1 dans le plan des axes 1 et 2 de l'analyse en composantes principales.

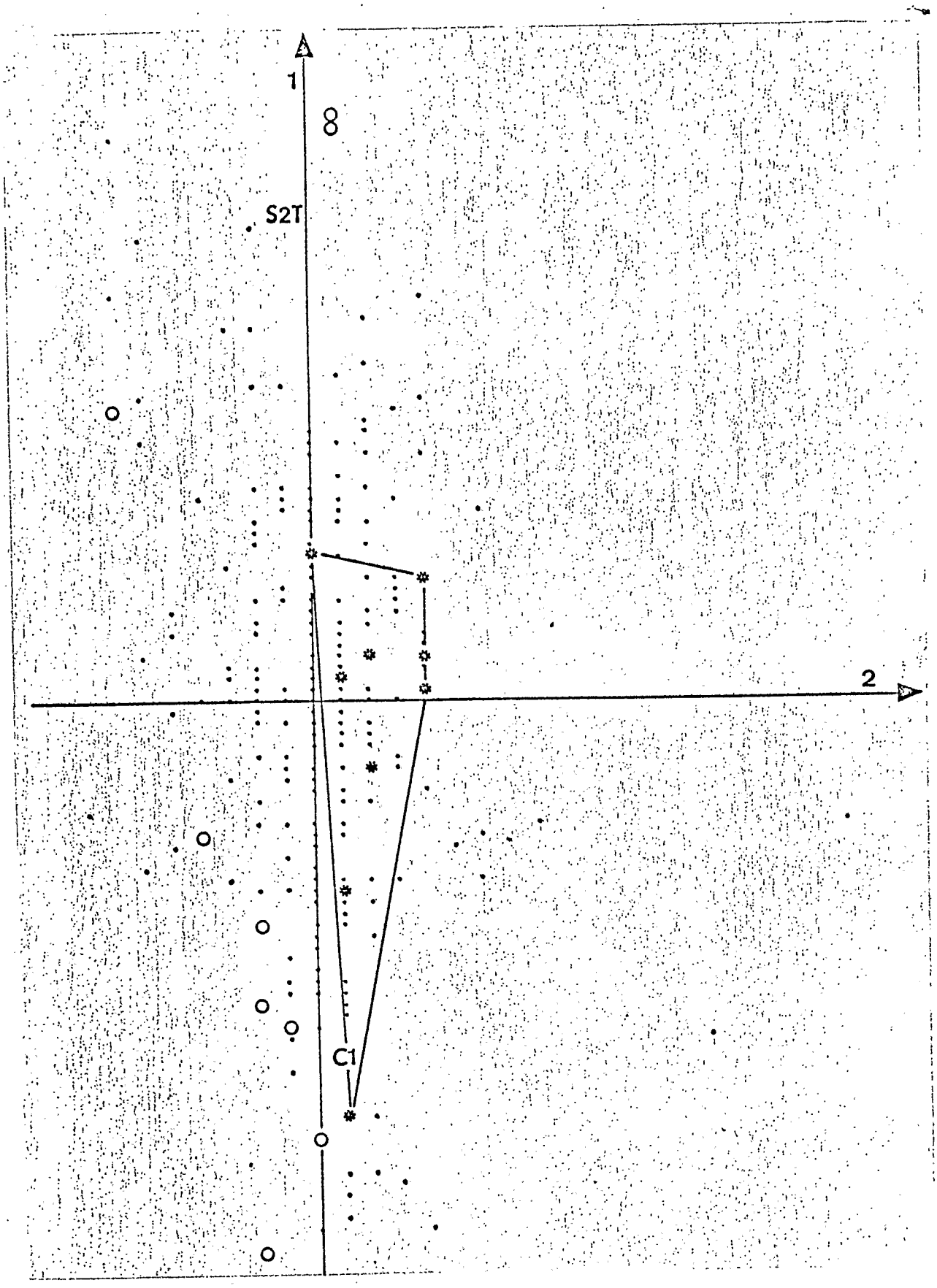


FIGURE 13 : Descendance du croisement 1S4xG17 dans le plan des axes 1 et 2 de l'analyse en composantes principales.

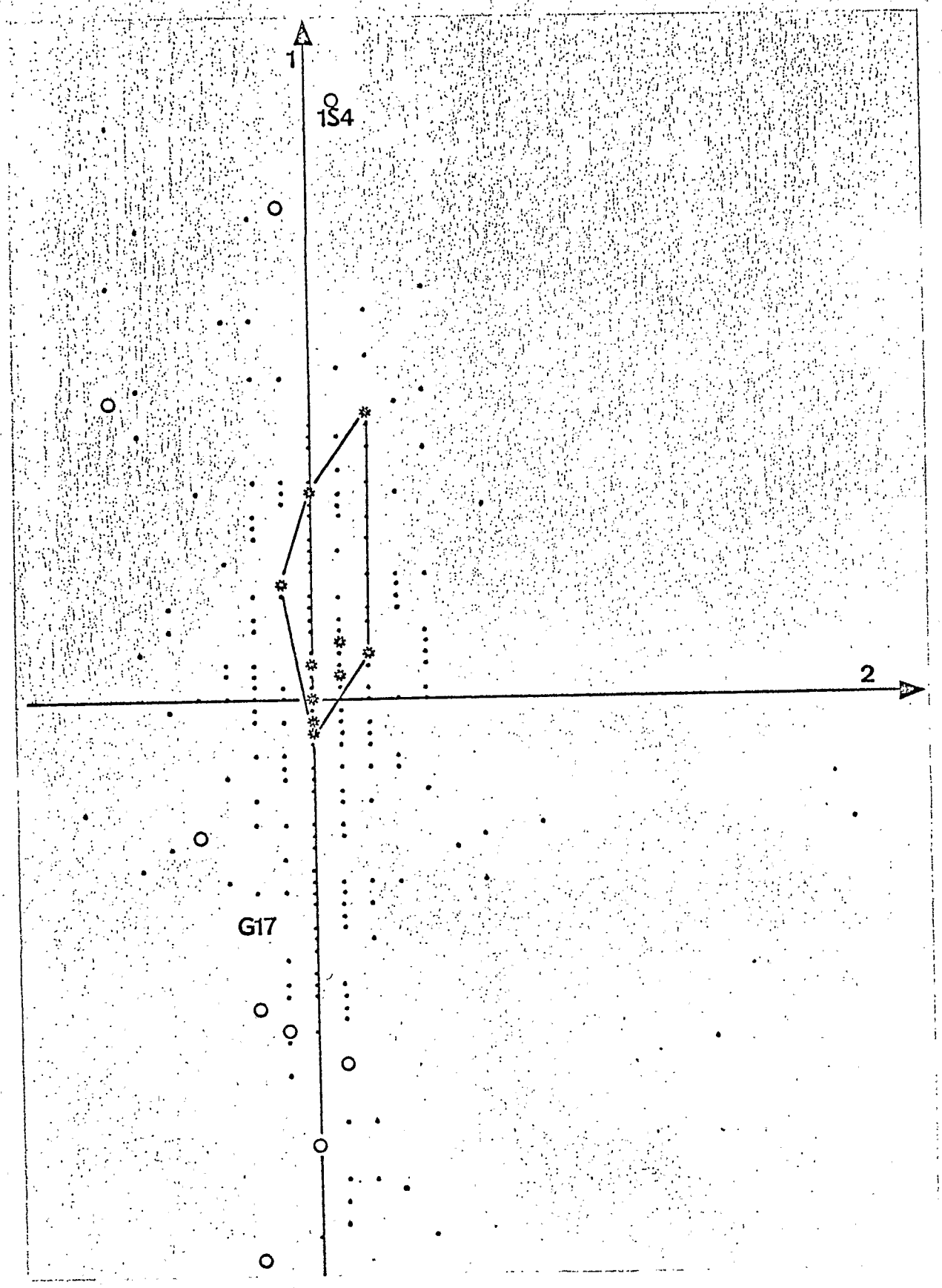


FIGURE 14 : Descendance du croisement 1S4xT25 dans le plan des axes 1 et 2 de l'analyse en composantes principales.

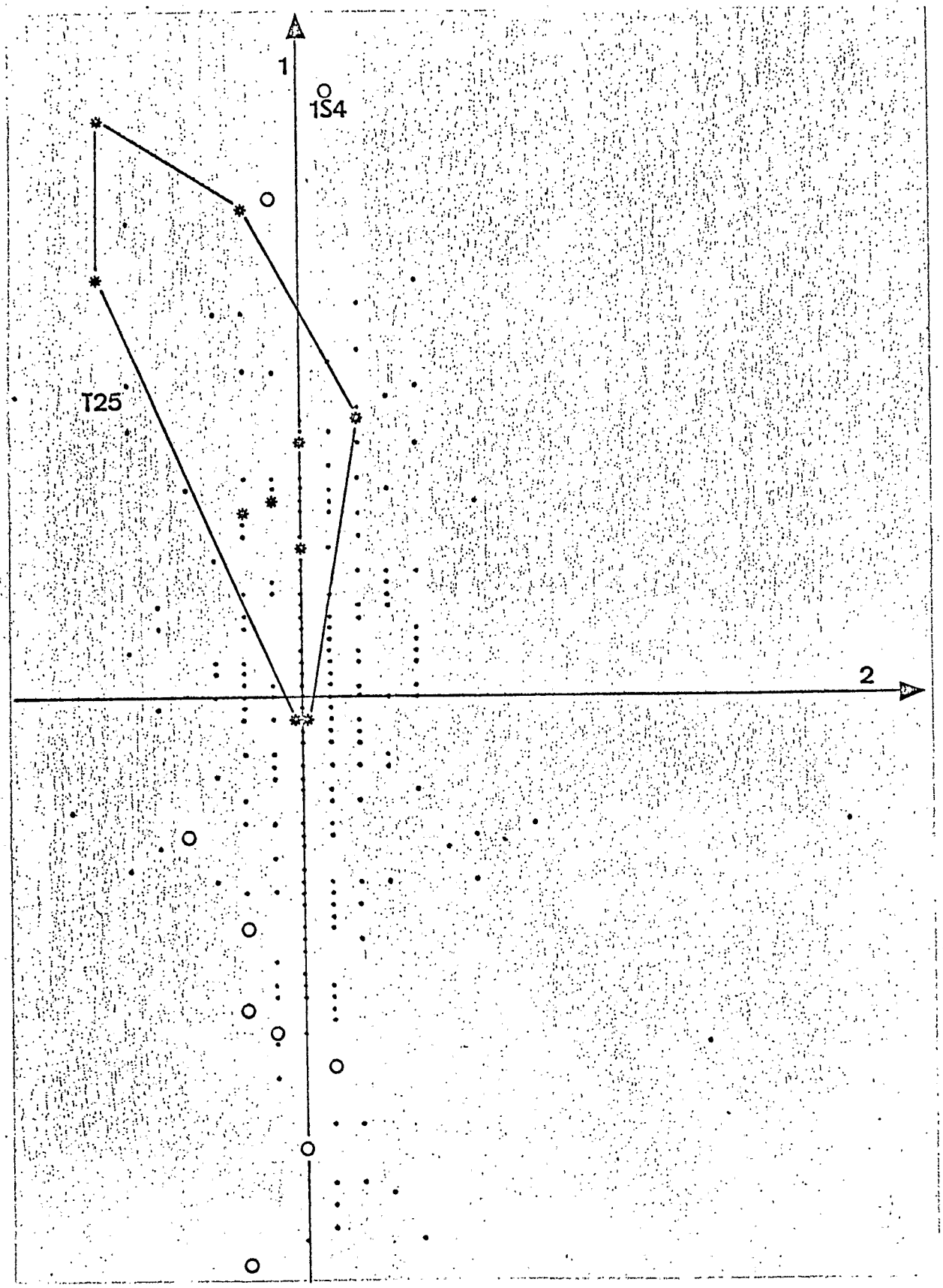


FIGURE 15 : Descendance du croisement 1S4xK26 dans le plan des axes 1 et 3 de l'analyse en composantes principales.

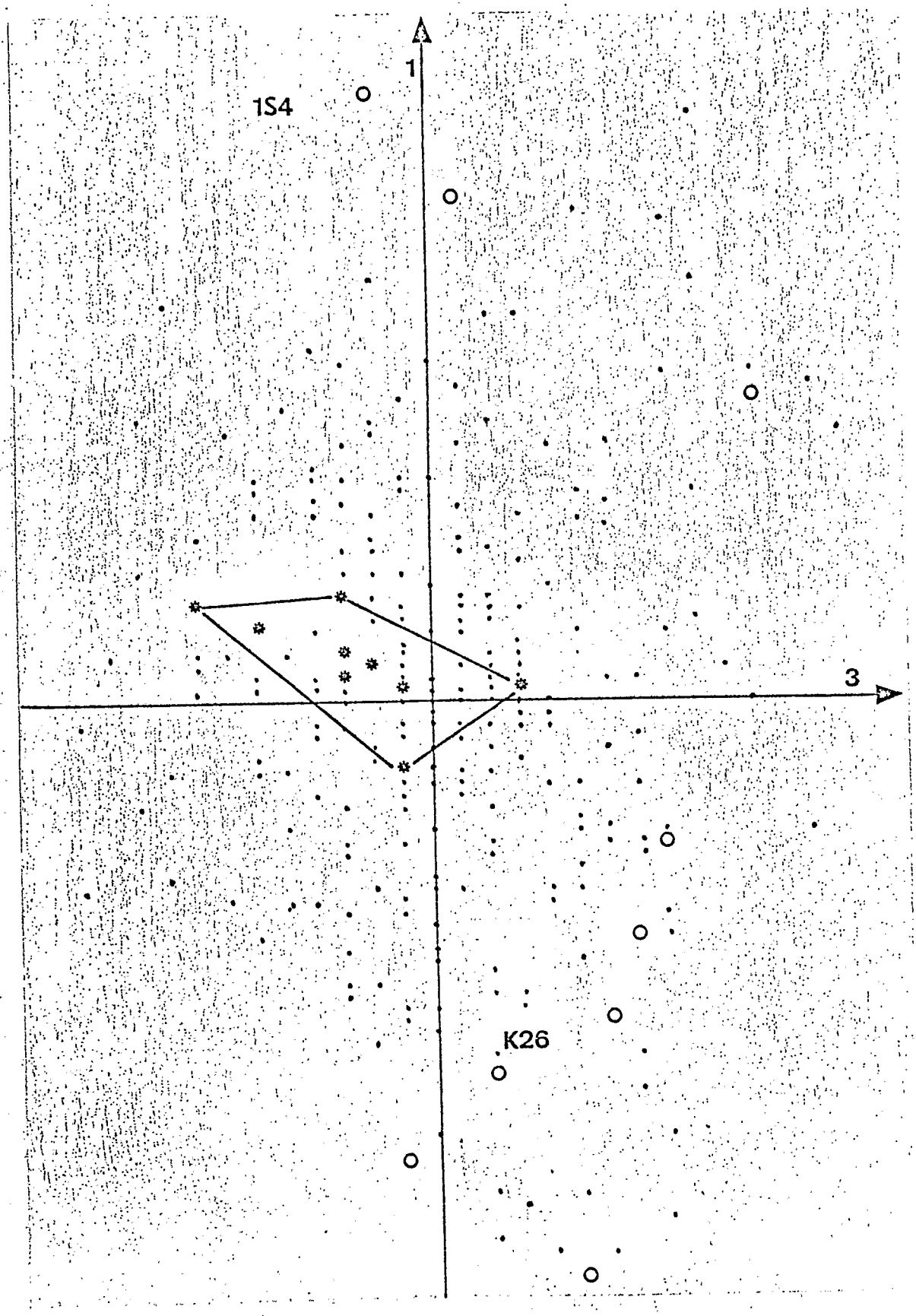


FIGURE 16 : Descendance du croisement 1S3xC1 dans le plan des axes 1 et 3 de l'analyse en composantes principales.

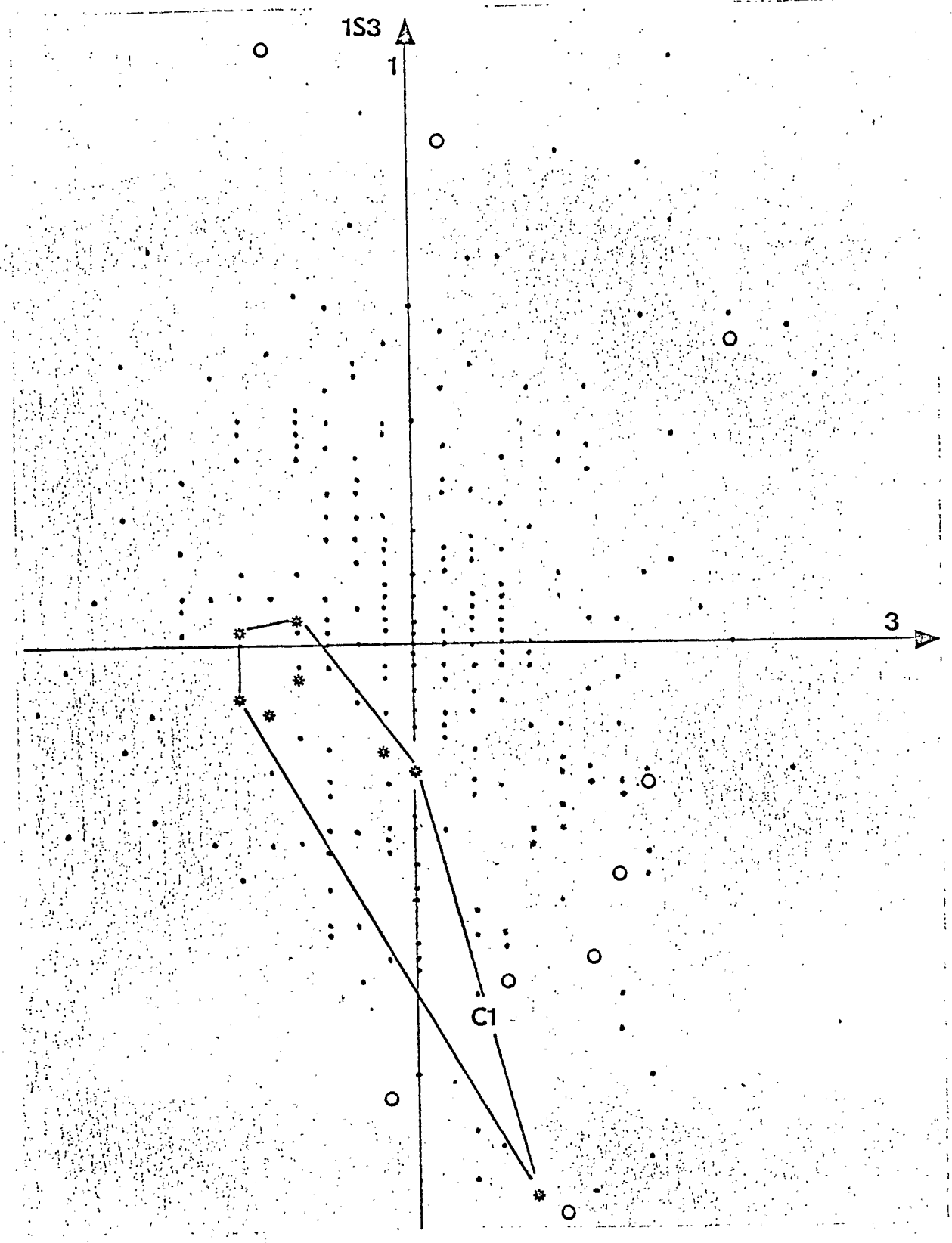


FIGURE 17 : Descendance du croisement 1S3xK4 dans le plan des axes 1 et 3 de l'analyse en composantes principales.

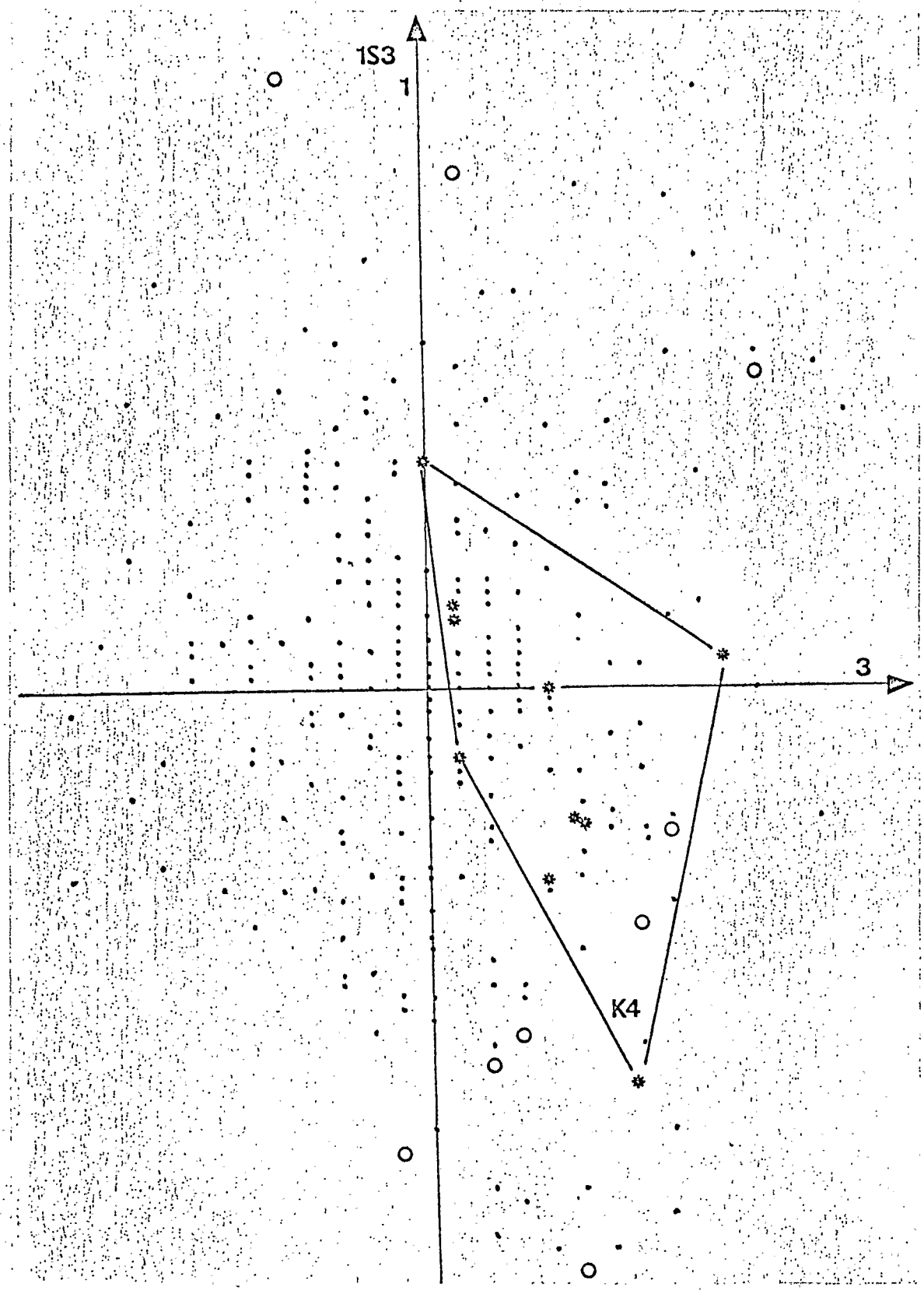
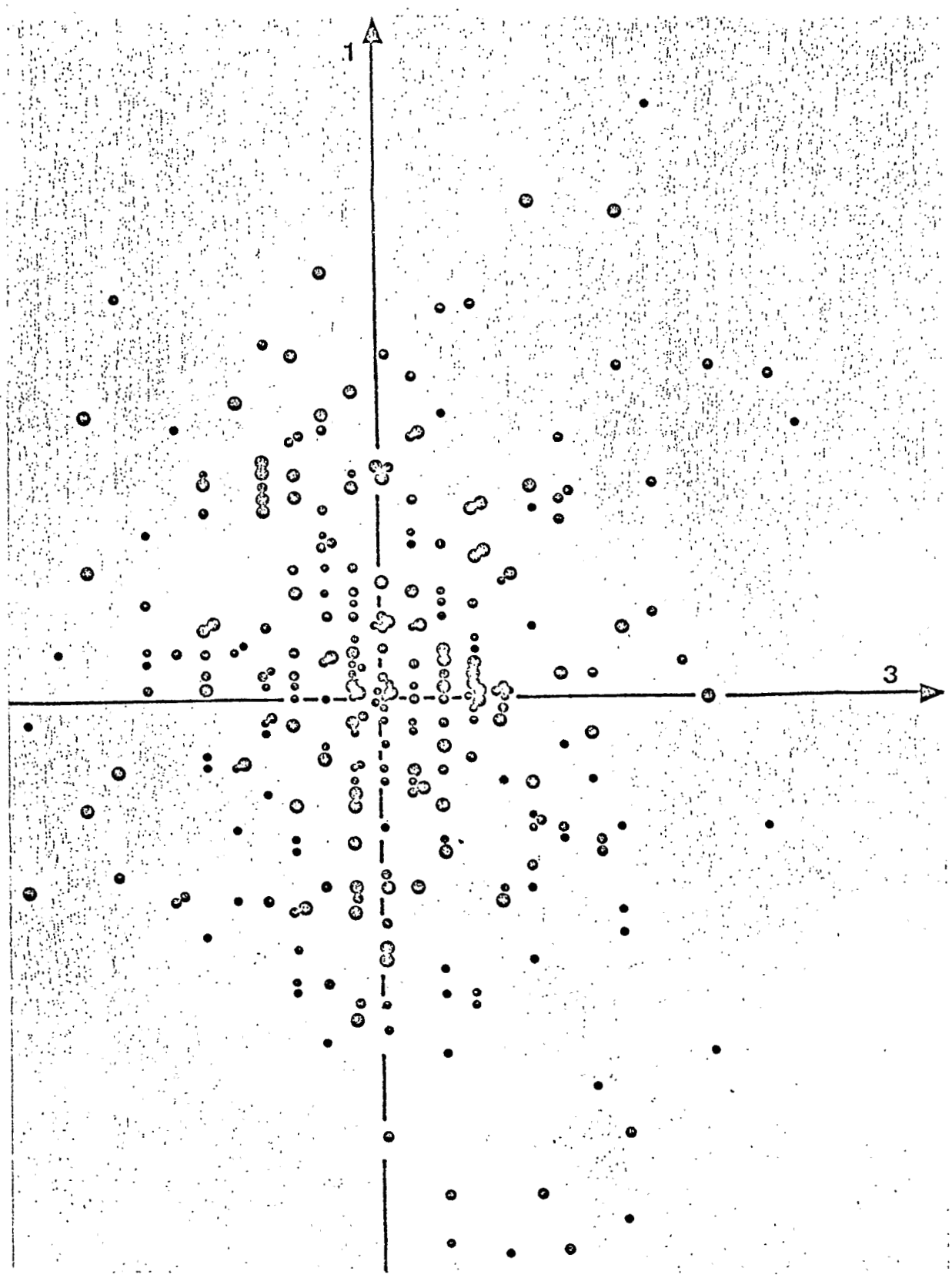


FIGURE 18 : Analyse en composantes principales, dans le plan des axes 1 et 3. La grosseur des points représentant les hybrides est proportionnelle au poids de matière sèche de cinq plantes.

- inférieur à 400g
- compris entre 400 et 600g
- supérieur à 600g