CN0100989

(I.D./R.O.)

DOCUMENT N. 83/112

NOV. 1983

HETEROGENEITES AU NIVEAU D'UN CHAMP

- cas d'une culture de Soja en moyenne Casamance

par

R. OLIVER - J. WEY

Ingenieure de Recherches IRAT detache a L'ISRA

- AVERTI. SEMENT -

Dans ce document, les autours nc Font état quo des résultats qu'ils ont obtenu avec les moyens et traitements des données dont ils disposent (microordinateur commodore 8032) et leur connaissance dans les domaines délicats de l'analyse des données. Ils doivent être complétés et confirmés avec la participation du service de Méthodologie de l'IRAT.

Ce document est donc provisoire et ne paut être considéré quo comme la première approche d'une synthèse plus rigoureuse.

. Les champs présentent fréquemment des zones d'hétérogénéité dans le développement des cultures sans que l'on puisse attribuer les différences de végétation à une cause précise. Ceci est très visible sur des cultures nécessitant de fortes mobilisations minérales telles que le soja.

Au cours de deux campagnes (1980 et 1982), il a été mis en place un essai d'étude de la variabilité spatiale du rendement au niveau d'un champ uniformément fertilisé et cultivé en soja,

2 - MATERIEL ET METHODES

. L'essai a été implanté à SCFA (Moyenne Casamance) et comportait :

- En 1980 400 parcelles carrées (2m 40 x 2m 40) sur lesquelles ont été mesurés les rendements en soja graines et, pendant la saison sèche 1981, ont été faits des prélèvements de sol sur une parcelle sur deux, en quinconce, pour analyses physicochimiques.

- En 1982 l'essai, situé sur un terrain voisin du précédent, comportait 225 parcelles (15 x 15) de même dimension que pour la première campagne, et le suivi agronomique et physicochimique en a été beaucoup plus complet.

. En cours de culture un suivi nutritionnel (diagnostic: foliaire), doublé d'une évaluation de l'activité fixatrice par comptage et pesée des nodules présents sur le système racinaire.

. En fin de culture, le rendement en graine a été mesuré ainsi que les composantes de ce rendement, Des prélèvements de sol représentatifs de chaque parcelle élémentaire ont été faits et analysés.

. Le soja (Var. 44A73) est cultivé en culture pluviale stricte, le sol étant inocul.6 avec une souche de rhizobium spécifique du soja (USDA 138) car le soja, culture d'introduction nouvelle au Sénégal, n'y trouve pas de façon naturelle les rhizobiums indispensables à l'établissement de son activité fixatrice,

. Le traitement statistique a porté sur :
- l'allure des lois de distribution des paramètres mesurés, avec essai d'ajustement à une loi normale ou log-normale par un test de Xi2

- les relations entre les divers paramètres mesurés sur une même parcelle,

3 - RESULTATS ET DISCUSSION DES RESULTATS

. Les résultats présentés porteront surtout sur la campagne 1982 car le suivi en a été plus complet et régulier que celui de la campagne 1980, de plus :

../..

En 1980, une pluviométrie très déficitaire au moment du remplissage des gousses est à l'origine d'une variabilité des rendements très élevée et, pour les faibles niveaux de rendement, de valeurs très faibles. (cf Annexe 1 - planche 1).

. En 1982, le déroulement de la campagne a été beaucoup plus satisfaisant malgré un semis relativement tardif (15/07). Sa pluviométrie globale a été de 772 mm avec une répartition assez régulière hormis une courte période do stress au stade du remplissage des gousses (cf Annexe 1, planche 2). L'essai a souffert, dans sa partie Sud, d'une attaque d'origine cryptogamique qui. nous a conduit 3 éliminer de notre interprétation la bande constituée par les quatres parcelles au Sud do l'essai.

3.1. Lois de distribution des paramètres au niveau du champ

. Les paramètres mesurés sur la plante (annexe 2 - Planche 1) (diagnostic foliaire et rondoment) sont distribués selon les lois pouvant être assimilées à une loi normale excepté le poids do 1000 graines qui suit une lai lognormale. Le coefficient de variation du rendement est de 16.6 % ce qui est très courant pour les essais implantes au Sénégal, compte tenu de la faiblo surface des parcelles, et plus logique que celui de la campagne 1980 (47.5 %). Le poids do 1000 graines (caractéristique étroitement dépendante de la variété) est peu affecté par l'hétérogénéité du milieu (CV = 4.7 %), malgré le verdict statistique du test de Xi2, il faut remarquer quo l'assymétrie de cette variable est très faible et son aplatissement proche de celui d'une loi normale,

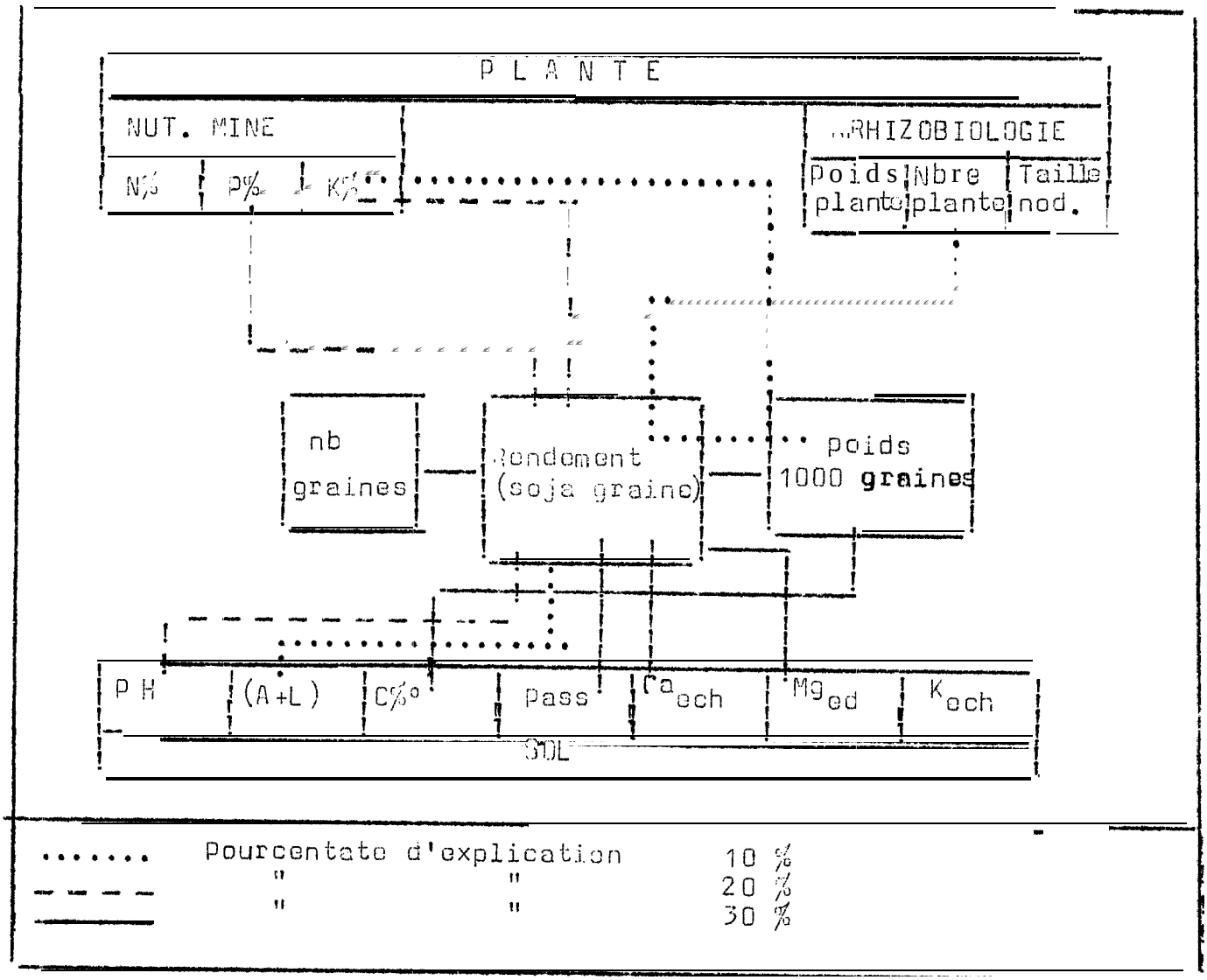
. Les paramètres de nodulation (Annexe 2 planche 1) mesurés (nombre, poids de nodules par plante, taille des nodule:;) sont distribua respectivement selon des lois normales et lognormales. La taille des nodules fait apparaître un nombre relativement plus élevé de petits nodules (peut-Qtro on cours de croissance) et peu de nodules de poids unitaire supérieurs à 9,5 - 10 ng qui semble donc être la "taille maximum moyenne" atteinte,

. Les paramètres sols (Annexes 2 planche 2) (éléments assimilables, PH, granulométrie, matière organiquo) sont, dans l'ensembla, distribués selon des lois dissymétriques. La majorité dos valeurs sont faibles et l'amplitude de variation relativement élevée puisque, selon les éléments étudiés, les valeurs les plus Portes sont do 3 à 20 fois plus élevées quo les valeurs les plus faibles. On remarque que la fertilisation apportée au somis (P,K) correspond aux éléments assimilables où la variabilité est la plus élevée (CV = 57,4 % pour P et 41,6 pour K), avec un nombre élevé de classes à fortes valeurs et à effectif réduit. Cos observations confirment celles par d'autres auteurs à Bambey (L. CISSE - C. PIERI) ainsi quo celles faites au cours de la campagne 1980 (distribution lognormale pour (A + L)‰, C‰ , PH sol).

3.2. Relations entre les diverses variables

. Le coefficient do corrélation entre les diverses variables mesurées sur lus parcelles élémentaires (163 parcelles retonues) a été calculé et le nuage de points correspondant places sur un graphique. Les résultats globaux figurent à l'annexe 3.

3.2.1. Rendement : Le tableau 1 résume les diverses liaisons observées entre les diverses variables mesurées sur les parcelles élémentaires (163 parcelles retenues). Ce tableau souligne les liaisons pour lesquelles le coefficient de corrélation entre le rendement ou l'un de ses facteurs constitutifs est le plus élevé.



- L'état nutritionnel, illustré par le diagnostic en cours de culture, est lié au rendement, par contre les liaisons avec la nodulation sont beaucoup moins nettes, ce qui laisse supposer que les prélèvements ont été faits à un moment où la symbiose n'était pas encore fonctionnelle, et où la nutrition azotée à partir du sol était prépondérante. Ces hypothèses sont confortées par les données de D.F. obtenues quelques jours plus tard sur les parcelles restantes de l'essai. Le rendement est indépendant de la taille de nodules et les gros nodules ne se rencontrent que sur les plantes ayant peu nodulé ; ceci peut s'expliquer par la spécificité de la souche infestante utilisée qui est, à priori très efficiente, quelle que soit la taille des nodules

. La liaison existe de façon plus au moins étroite avec tous les paramètres mesurés au niveau du sol. La teneur en phosphore assimilable et magnésium échangeable présentant les coefficients de corrélation les plus élevés. La dépendance rendement - nutrition phosphatée du soja a déjà été mis en évidence sur le même type de sol (F. GANRY). Les résultats obtenus pour les teneurs en matière organique et en éléments fins sont moins nets que ceux de la campagne 1980 (r = 0,293 et 0,376 contre 0,410 et 0,420) car le domaine de variation de la teneur en ces éléments est moins élevé et une nutrition hydrique plus satisfaisante a empêché l'effet "réservoir d'eau" des éléments fins et de la matière organique de s'exprimer pleinement. On remarque aussi la liaison entre la taille des graines et la teneur en matière organique du sol.

3.2.2. Influence des facteurs sols sur la nodulation

. Elle est surtout sensible sur le poids des nodosités par plante qui dépend de la teneur en carbone, éléments fins, et calcium-magnésium du complexe absorbant. Le nombre de nodosités par plante est lui, surtout lié au taux de magnésium échangeable.

3.2.3. Autres liaisons mises en évidence

. Au niveau de la nutrition minérale de la plante les teneurs en azote et phosphore au diagnostic foliaire sont étroitement liées. De même, le potassium échangeable du sol semble être un indicateur correct de la teneur en potassium de la plante et le phosphore assimilable de celle en phosphore.

. Les liaisons classiques entre paramètres mesurés au niveau du sol apparaissent aussi dans les résultats (C/A+L) ; PH/éléments assimilables ; éléments fins et matière organique/complexe absorbant), mais aussi d'autres paramètres semblent liés entre eux tels Ca éch./Mg éch.; Pass./ Ca ou Mg éch ; Mg éch./ K éch.

. Malgré la significativité du coefficient de corrélation (nombre d'observations élevés) l'observation des nuages de points montre qu'il n'est pas possible de préciser les relations existant entre les divers variables, Tout au plus peut-on, pour certains, faire les remarques suivantes :

. Au niveau du rendement les nuages dont la forme fait apparaître le mieux la liaison avec la variable est le magnésium échangeable, suivi du PH, de la teneur Cil éléments fins et celle en matière organique. Le nuage P assimilable-rendement et dans une moindre mesure celui du calcium semble mettre en évidence un seuil de teneur (environ 20 ppm de P_2O_5 truog) au delà duquel on n'observe pas de faibles rendements parcellaires.

3.3. Essai de liaison multivariable avec le rendement

Le pourcentage d'explication du rendement apporté par l'ensemble des variables sols déterminés est de 55 %, mais le but de l'essai étant de tester l'homogénéité du terrain avant mise en place d'un essai par un nombre réduit de déterminations simples et peu coûteuses à effectuer (le nombre d'échantillons à analyser étant nécessairement assez élevé compte

tenu du but recherché), il n'est pas envisageable de faire toutes les analyses. Les essais de regression multiple faits sur un nombre réduit de variables donnent les résultats suivents :

Eléments entrants dans la regression							rr ajusté x 100
PH	A + L	C	Pass	Ca	M g	K	
x	x						33.7
x	x	x					43.6
x	x		x				47.3
x	x				x		4% .6
x	x	x	x				52 .9
x	x				x		50.1
x	x	x			x	x	42.3
x	x	x	x		x		54.4
x	x	x	x	x	x	x	55.0

Le PH et la teneur en éléments fins ont été systématiquement testés car ce sont des déterminations de base indispensables à la caractérisation du sol, aussi bien au niveau physicochimique que des possibilités d'alimentation hydrique des plantes, mais ces deux variables sont insuffisantes pour expliquer de façon relativement satisfaisante le rendement. L'adjonction d'une troisième variable, la mieux adaptée étant le phosphore assimilable, permet d'obtenir un pourcentage d'explication voisin de 50 % tout en satisfaisant aux contraintes de commodité et de coût que nous nous sommes fixées.

3.4. Rendement et diagnostic foliaire du soja

. Le diagnostic foliaire effectué selon la technique S.I.D.R. (stade R2-R3) a eu lieu à deux dates ( ) la première portant sur la majorité des parcelles de l'essai, la seconde sur les parcelles attaquées.

. Les résultats obtenus indiquent pour la majorité des parcelles un déséquilibre nutritionnel plus ou moins prononcé au niveau du potassium. Pour quelques parcelles situées en bordure de l'essai le déséquilibre porte sur l'azote.

. La regression multivariable rendement = f(N,P,K) au D.F.) ne permet une explication du rendement que de 26.5 %.

3.5. Cartes de variabilité spatiale (cf annexe 4)

. Ces cartes sont tracées en prenant pour limite de classes les quartiles déterminés lors de l'étude des lois de distribution. Elles permettent de mettre en évidences des zones d'homogénéité ou d'hétérogénéité non décelées au répérage préalable à l'installation de l'essai.

Le tableau suivant donne les limites prises en compte pour chacune des cartes tracées.

Eléménts	classe			
	Faible	plutot faible	plutot élevé	élevé
Rendement g/pa.	636-911	912-1020	1021-1036	1137-1531
PH sol	5.28-5.74	5.75-5.85	5.86-5.98	5.99-6.50
(A+L)%	7.8-10.8	10.9-12.5	12.6-14.4	14.5-21.5
C‰	3.11-4.07	4.08-4.41	4.42-4.81	4.82-6.45
Pass. ppm	4.4-10.5	10.6-13.7	13.8-18.5	18.6-60.5
Ca éch.	.63-.86	.87-1.02	1.03-1.17	1.18-2.66
Mg éch.	.30-.44	.45-.51	.52-.61	.62-.92
K éch.	0.024-0.046	0.047-0.058	0.059-0.069	0.070-0.220

. Pour les éléments apportés en fertilisation (P,K) la carte obtnue est assez diffuse contrairement à celles obtenues avec les caractéristiques intrinsèques du sol (PH, granulométrie, matière organique).

. En 1980 les cartes font apparaître pour les rendements des zones à fort rendement correspondant à des zones riches en éléments fins et matière organique.

. En 1982 l'essai implanté sur un terrain voisin offre une étendue de variation des paramètres mesurés moins grande qu'en 1980, la carte "rendement" présente ici aussi des similitudes avec celles des paramètres sols. La superposition de ces cartes avec celles des "zones humides" du champ ne permet pas d'attribuer les variations observées au microrelief (relevé des dépressions faits en début de campagne après ressuyage d'une pluie assez forte).

4 - CONCLUSION

La régularité de la production a l'intérieur d'un champ est loin d'être la règle dans les conditions actuelles des cultures, elle serait cependant souhaitable pour assurer un rendement global correct et de bonnes conditions de culture et de récolte. L'homogénéité de la production ne peut pas être apprécié par une simple observation visuelle du terrain et les analyses de sols

../..

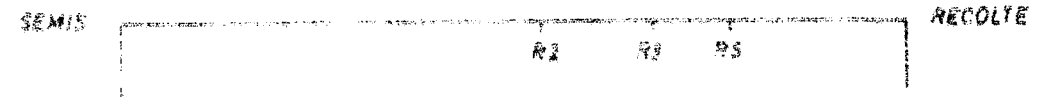
simples mettent en évidence des zones de richesse différente en assez bon accord avec la production du soja. Les pratiques culturales correctes (fertilisation uniforme, labour d'enfouissement croisés) ne suffisent pas à corriger les hétérogénéités dues à la nature du terrain, au contraire, les éléments apportés en fertilisation induisent des teneurs en éléments assimilables correspondant les plus hétérogènes au niveau de la parcelle.

. De telles études préalables à la mise en place d'un essai agronomique peuvent permettre d'éviter certaines zones trop différentes de la moyenne du champ à cultiver. Toutefois le dispositif est assez lourd et coûteux à mettre en oeuvre et ne pourra être justifié que pour des études dont le coût global est suffisamment élevé pour que l'étude préalable ne soit pas prohibitive.

ANNEXE 7

PLUVIOGRAMME ET CYCLE DE LA CULTURE DE SOJA

SEFA 1980



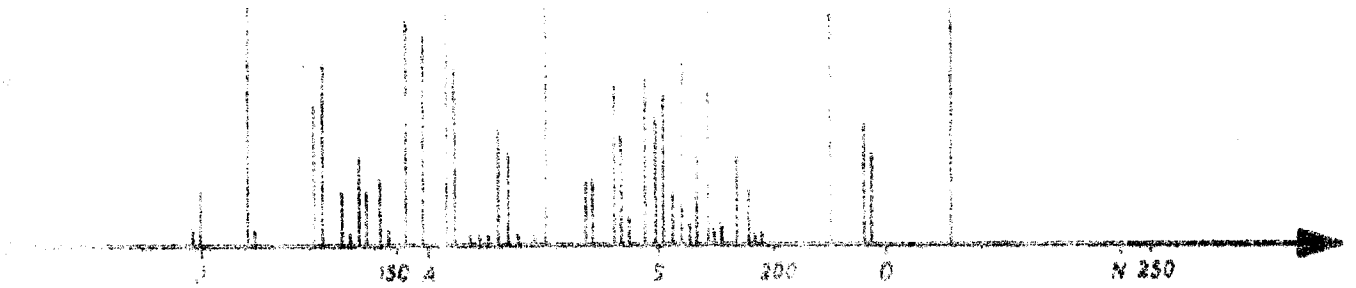
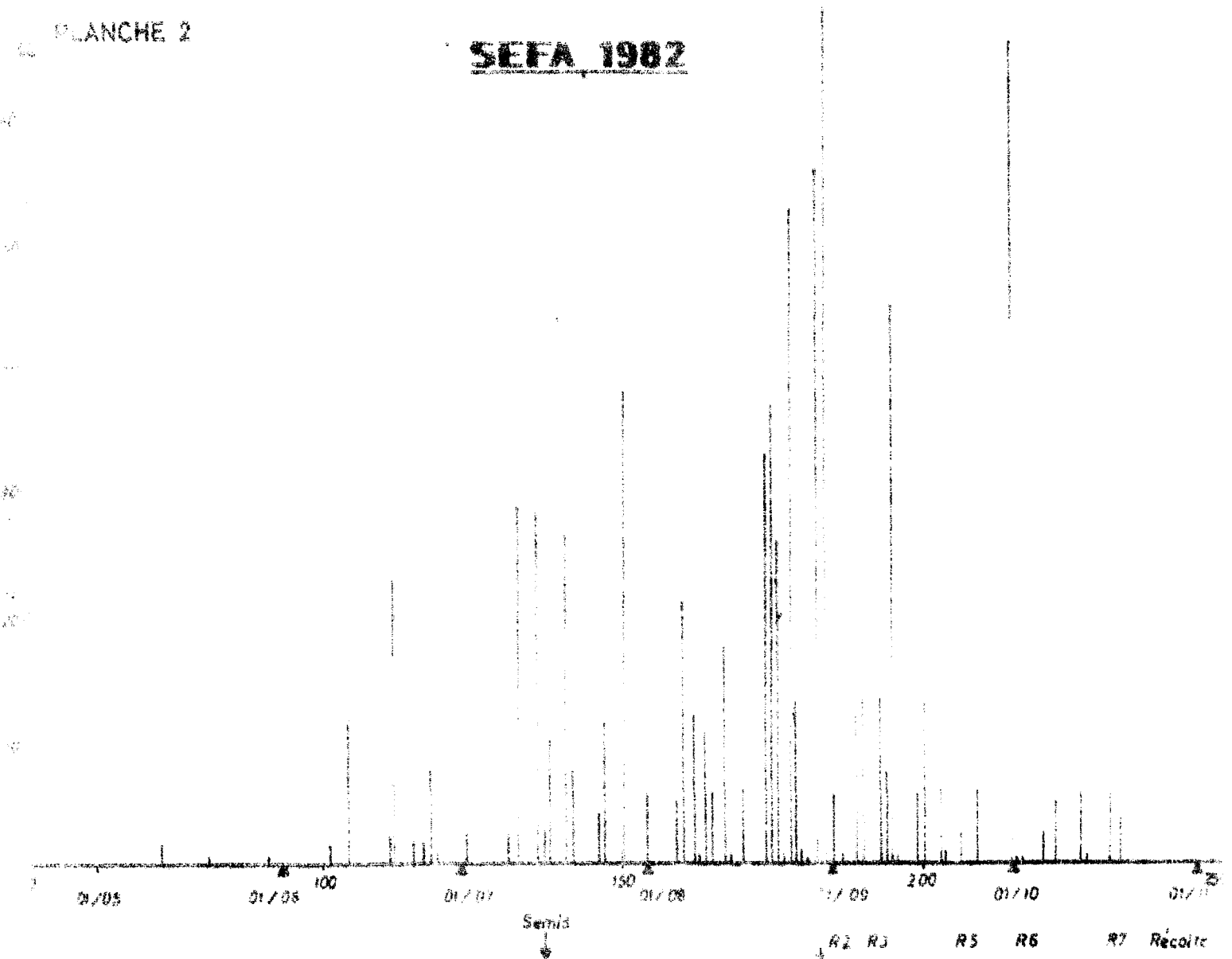


PLANCHE 2

SEFA 1982



ANNEXE 2

TABLEAU DE RESULTATS

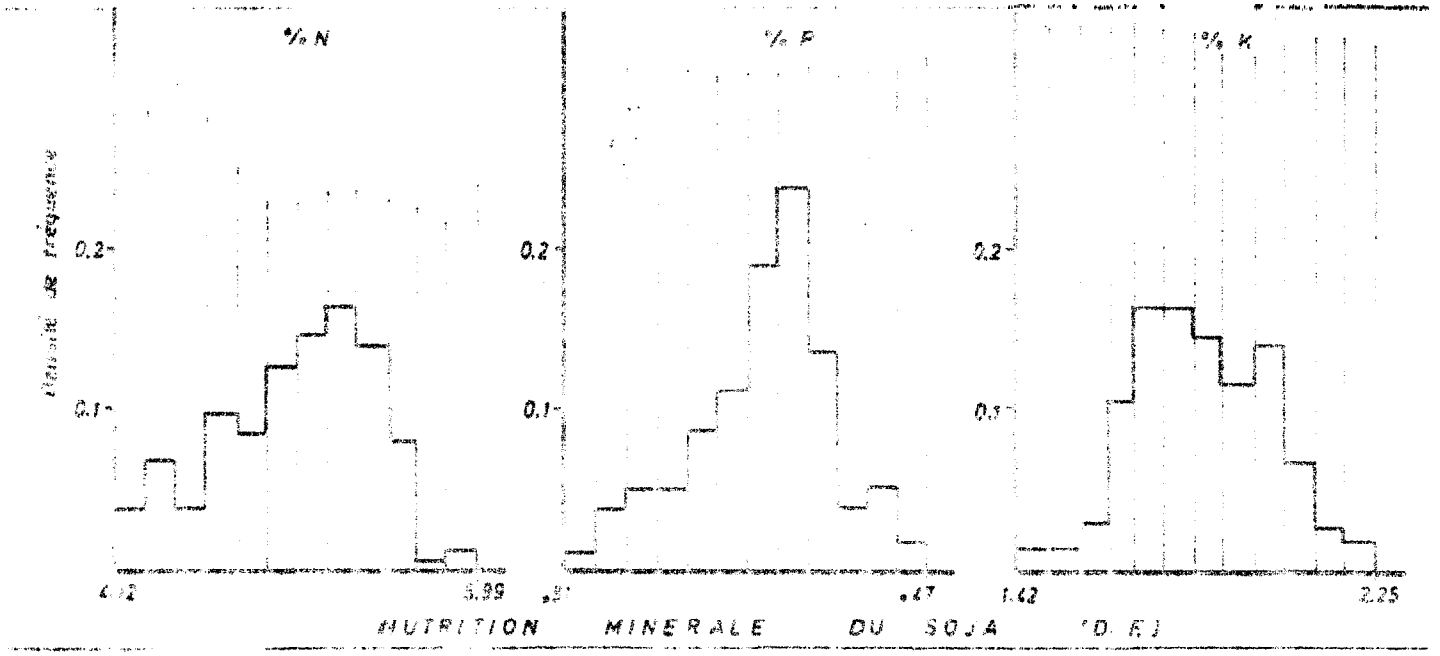
Essai Méthodologie 82 : Loi de distribution des divers paramètres

	Critères	Valeur Min	Valeur Max	Moyenne arit	[illegible]	C.V. %	assym.	ap cat	prob X2 loi % norm	prob X2 loi % lognor	moy. géom	médiane	nb valeurs
plantes D.F.	%N	4.12	6.16	5.14	0.4348	8.5	-.3948	2.460	10.1	0.7	5.12	5.19	164
	% P	0.308	0.488	0.407	0.0342	8.4	-.44191	3.1088	0.8	1.0	0.405	0.413	164
	% K	1.42	2.25	1.85	0.1570	8.5	0.1025	2.664	58.3	27.0	1.842	1.84	164
plantes fixation	nb nod.	19	93	53.1	12.94	24.4	.4007	3.188	1.8	23.9	51.5	51	165
	poids mg nod.	131	676	403.7	103.6	25.7	.1535	3.254	63	5.3	389.2	398	165
	poids mg nod.	4.2	12.7	7.61	1.393	18.2	.680	4.462	.9	2.6	7.538	7.60	165
Nb plants/parc		11	70	34.17	8.449	24.7	.4019	5.057	1.9	1.7	33.06	35	165
Rdt g/parc.		636	1531	1029.7	170.7	16.6	.2622	2.872	71.8	81.5	1015.5	1020	165
poids de 1000 graines		103	129	116.08	5.435	4.7	-0.0255	2.569	0.1	23.9	116.08	117	165
Sol après culture	PH	5.28	6.80	5.874	0.2032	3.5	0.7308	5.044	5.1	3.6	5.870	5.85	225
	A+L %	6.5	21.5	12.82	2.703	21.1	0.453	2.837	.5	6.1	12.5#	12.5	225
	C ‰	3.11	6.45	4.47	0.5827	13.0	.667	3.505	47.3	86.9	4.43	4.41	225
	P assim.	4.4	60.5	16.11	9.24	57.4	2.232	9.037	<.5‰	8.0	14.26	13.7	225
	Ca	0.63	2.66	1.085	0.3533	32.7	1.8480	7.168	<.5‰	2.0	1.044	1.02	225
	Mg	0.30	0.92	0.533	0.1261	23.6	0.7019	3.207	1.1	81.5	0.521	0.51	225
	K	0.024	0.220	0.0631	0.0262	41.6	1.925	9.341	<.5‰	<.5‰	0.059	0.058	225

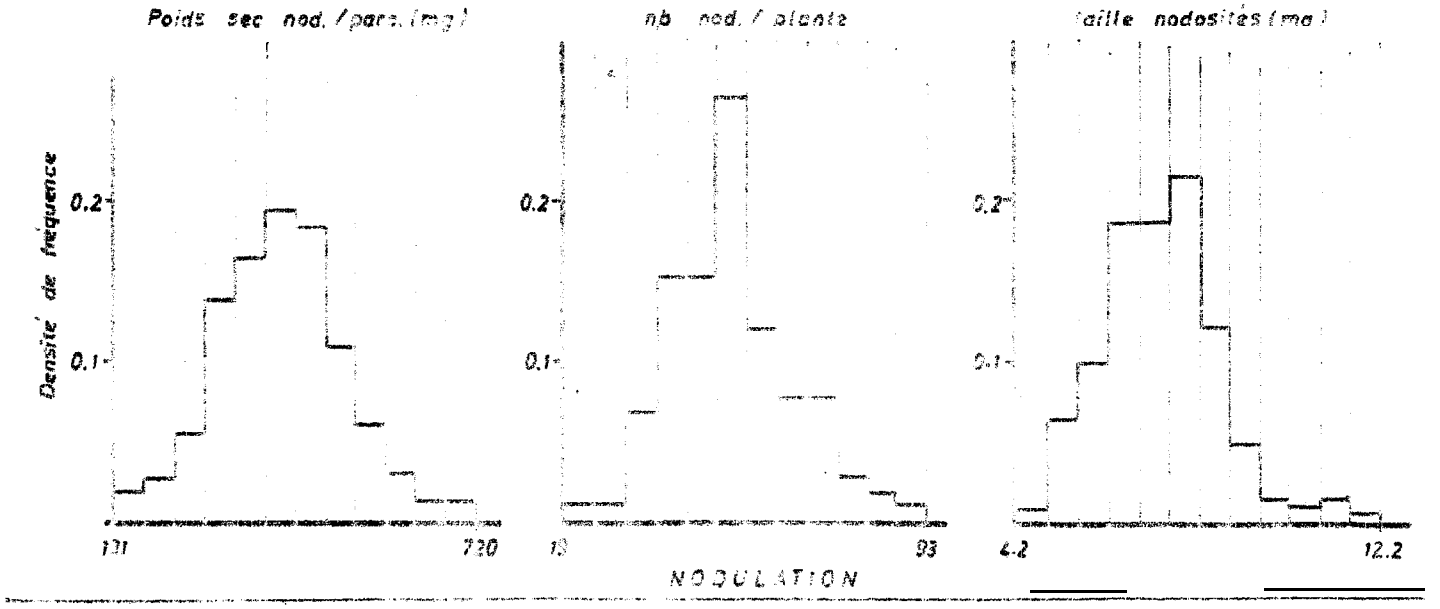
ANNEXE 2 – PLANCHE 1

DISTRIBUTION DES PARAMETRES

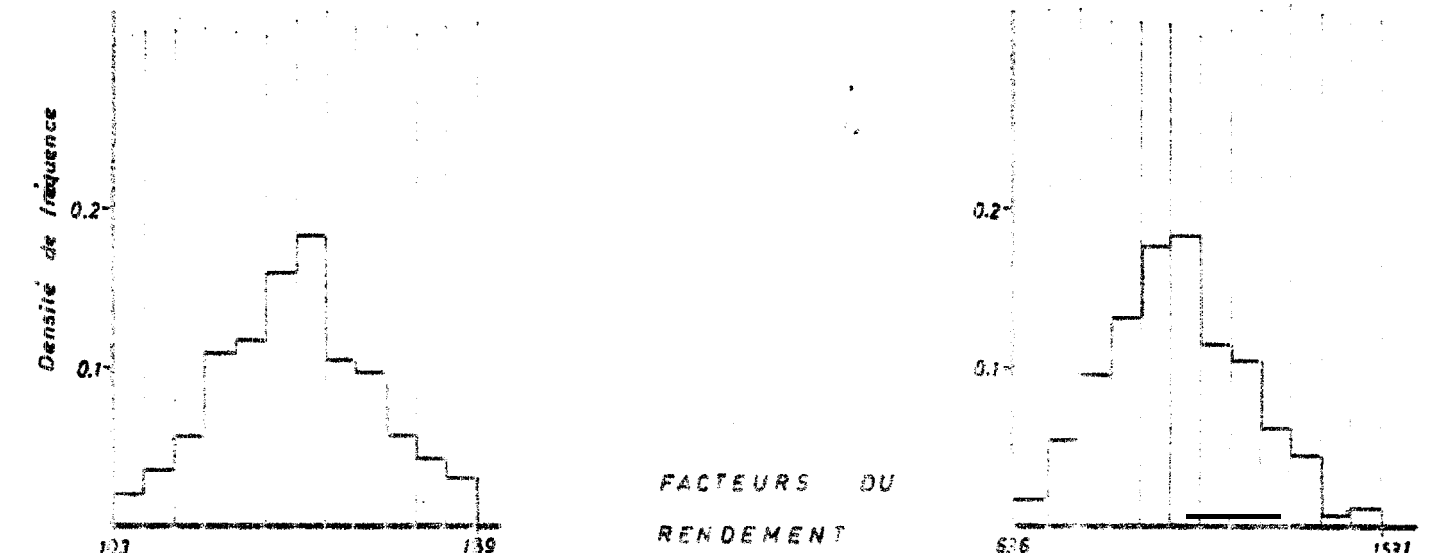
PLANTES (NODULATION – RENDEMENT) D.F.



NUTRITION MINERALE DU SOJA (D.F.)



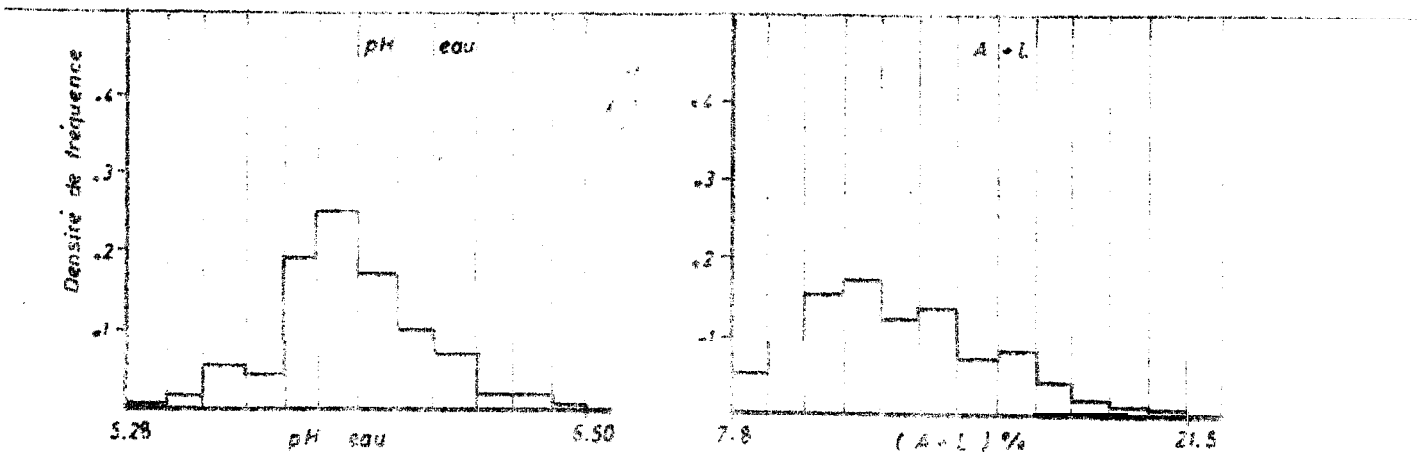
NODULATION

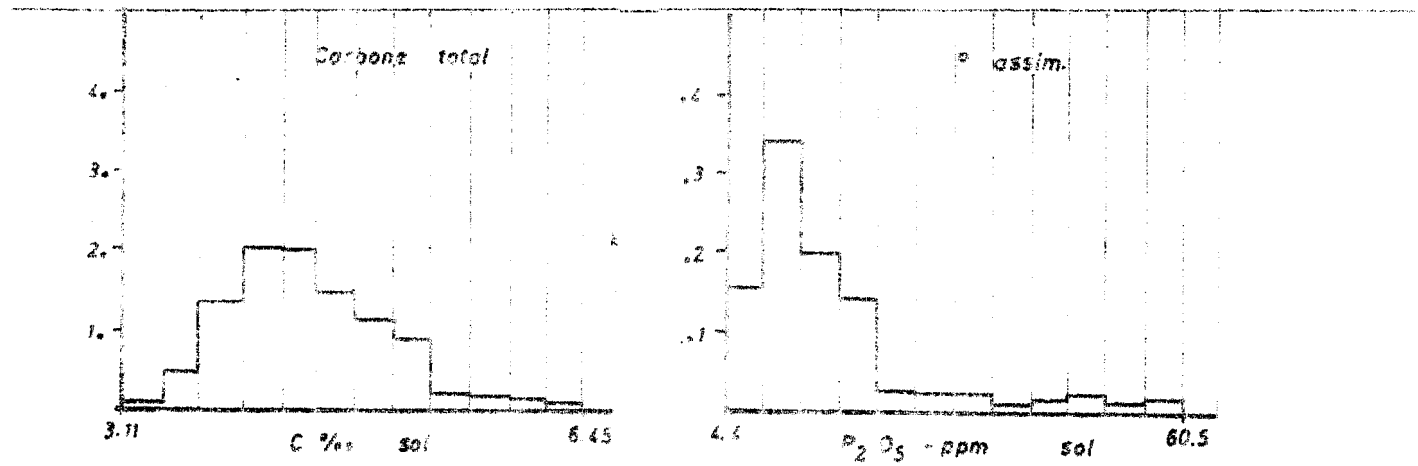


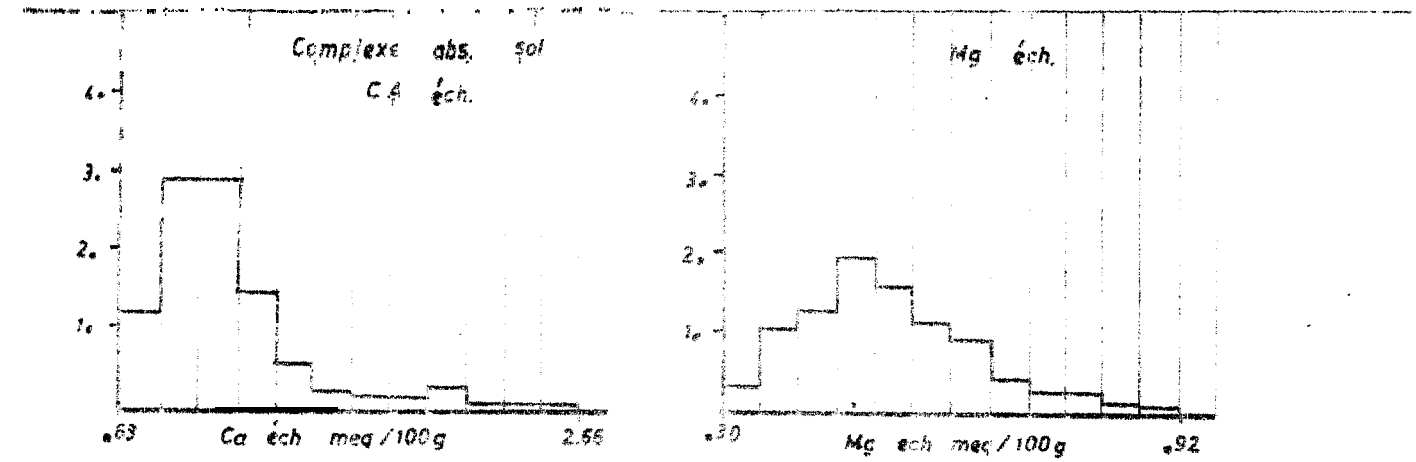
FACTEURS DU RENDEMENT

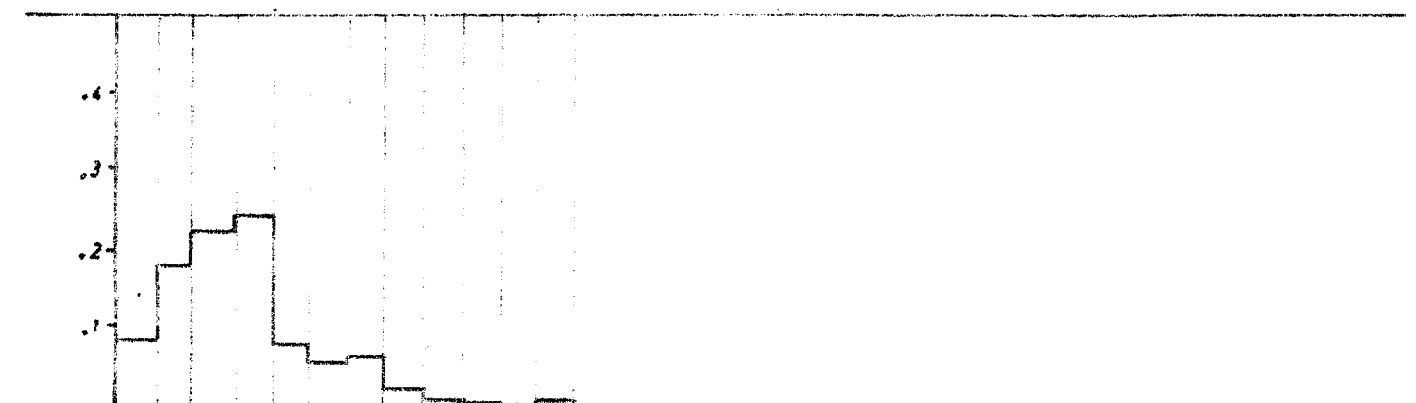
ANNEXE 2 - PLANCHE 2

DISTRIBUTION DES PARAMETRES SOLS AU NIVEAU D'UN CHAMP









ANNEXE 3

COEFFICIENT DE CORRELATION DES VARIABLES DEUX A DEUX

Se	odulation		D. F.			RDT		S O L						
o VAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		.736 ...	.315 .	.243 .	.197	.123	.271	.073	.134	.333 .	.318 .	.240	.315 .	.331 .	.115
2			.287	.134	.183	.155	.330 .	.117	.246	.218	.298	.196	.283	.355 .	.101
3				0,094	-0.060	-.119	-.088	-0.072	-.243	-.115	-0.072	0,033	-0.019	-.122	0,004
4					.705 ...	.243	.431 .	-.003	.329 .	.206	.265	.409 .	.486 ..	.500 ..	.090
5						.473 ..	.447 ..	.105	.423 .	.164	.311	.502 ..	.491 ..	.540 ..	.169
6							.495 ..	.375 .	.340 .	.435 ..	.527 ..	.438 .	.386 .	.474 ..	.594 ...
7								.425 .	.473 ..	.376 .	.293	.625 ...	.589 ...	.642 ...	.416 .
8									.350 .	.253	.556 ...	.249	.319 .	.309	.331 .
9										.097	.259	.464 .	.445 .	.693 ...	.342 .
10											.751 ...	.297	.620 ...	.433 .	.268
11												.422 .	.621 ...	.548 ...	.355 .
12													.580 ...	.617 ...	.478 ..
13														.682 ...	.323 .
14															.505 ..

No	
1	Poids nodule
2	Nombre de nodules
3	Taille de nodules
4	N %
5	P %
6	K %
7	Rendement g/perc.
8	Poids de 1000 graines
9	PH eau 1/2.5
10	(A+L) %
11	C ‰
12	P_2O_5 assimilable truog
13	Ca éch. (meq.100g)
14	Mg éch (meq/100g)
15	K éch. (meq/100g)

Pourcentage d'explication de la varience

. ⩾ 10 %

.. ⩾ 20 %

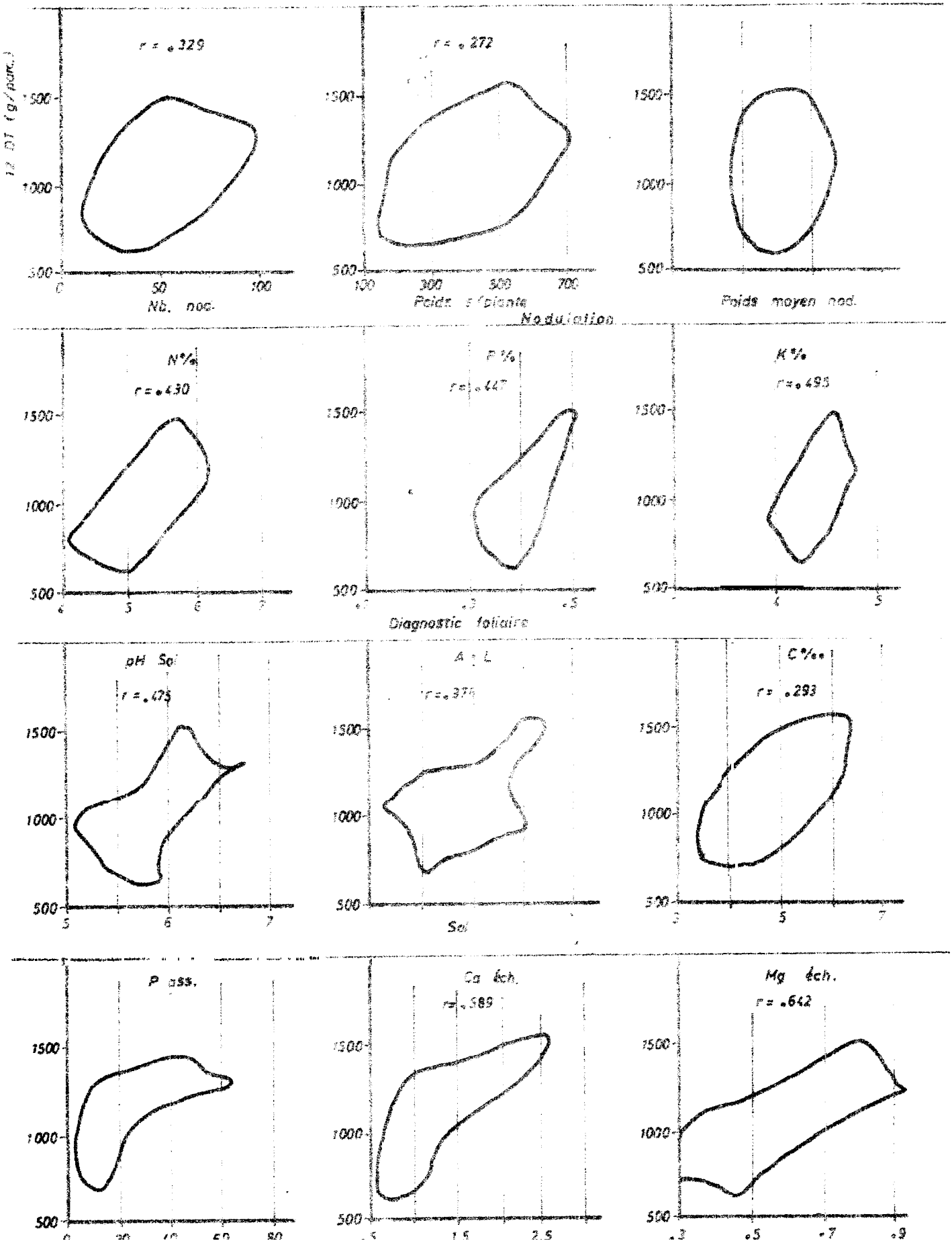
... ⩾ 30 %

ANNEXE 3 – PLANCHE 1

SOJA

ENVELOPPE DES NUAGES

(RENDEMENT PARAMETRES DIVERS)

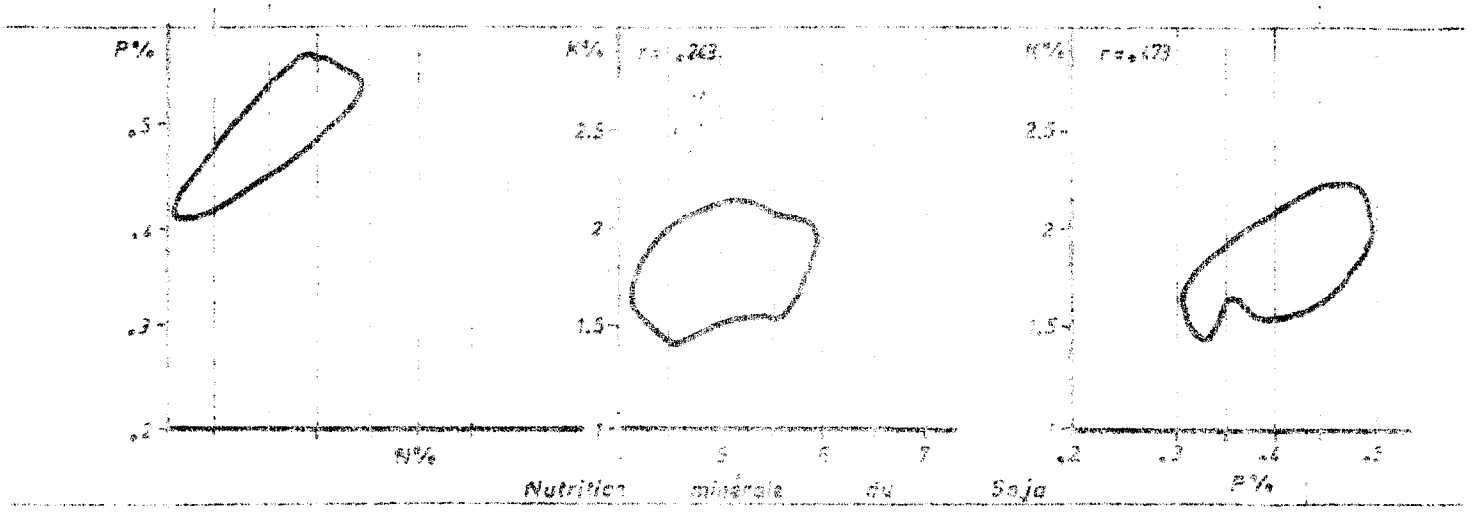


ANNEXE 3 – PLANCHE 2

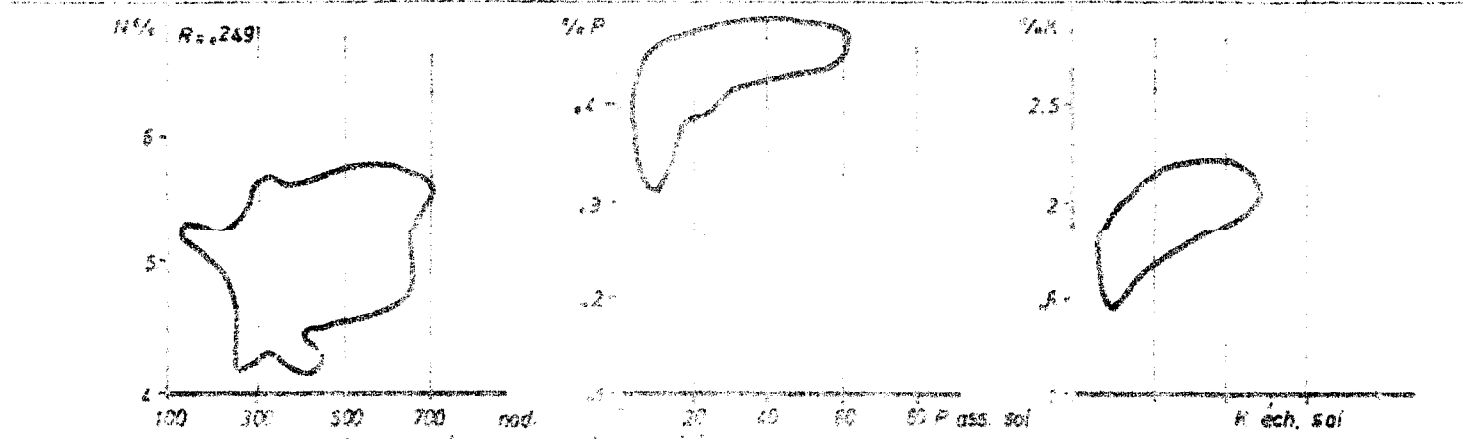
SOJA SEFA

ENVELOPPE DE NUAGES

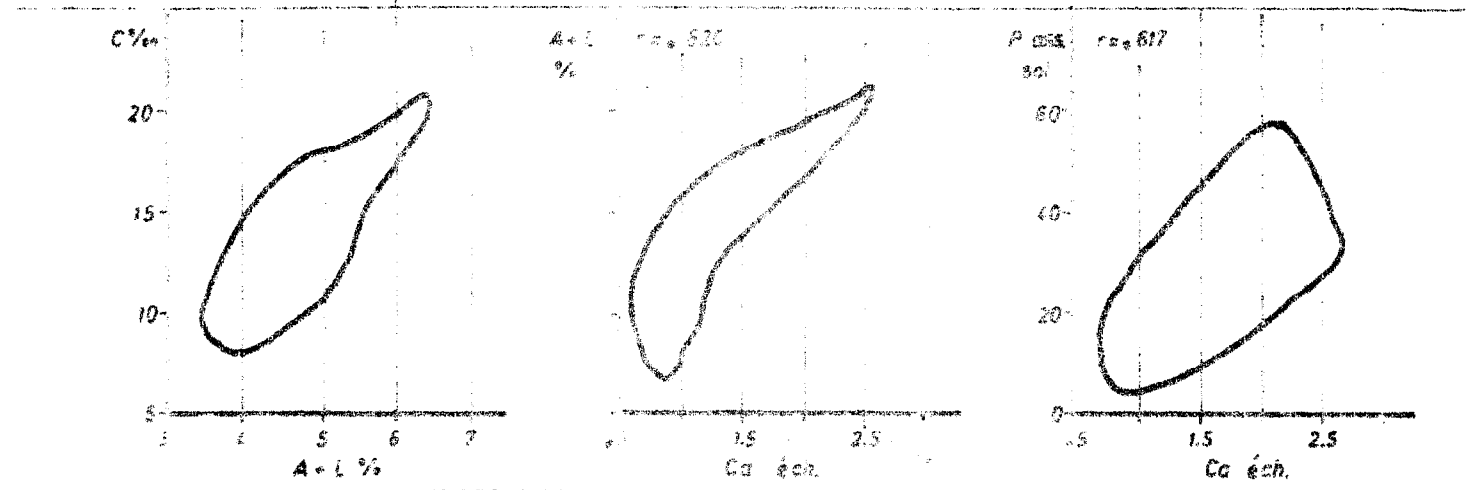
DE CERTAINES VARIABLES PRISES DEUX A DEUX

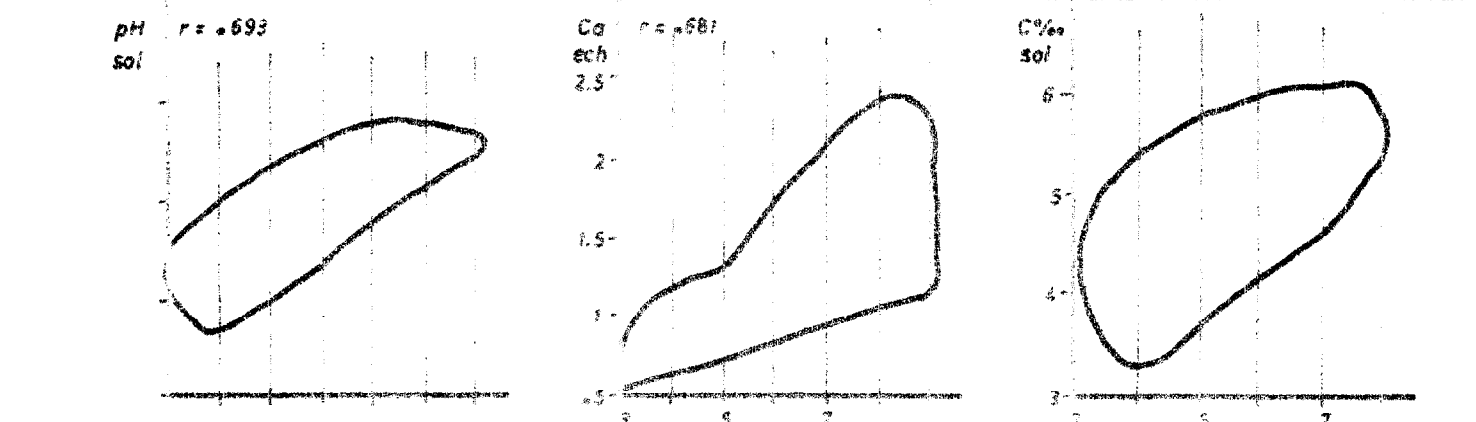


Nutrition minérale du Soja

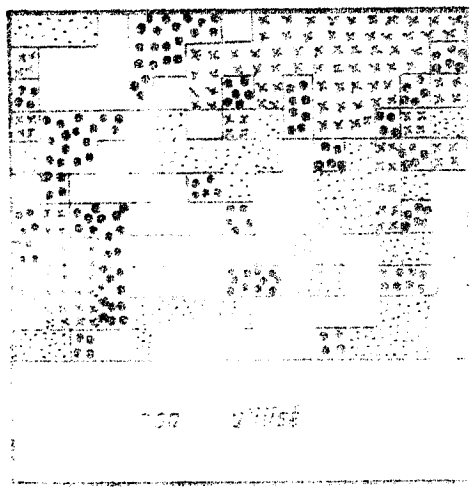


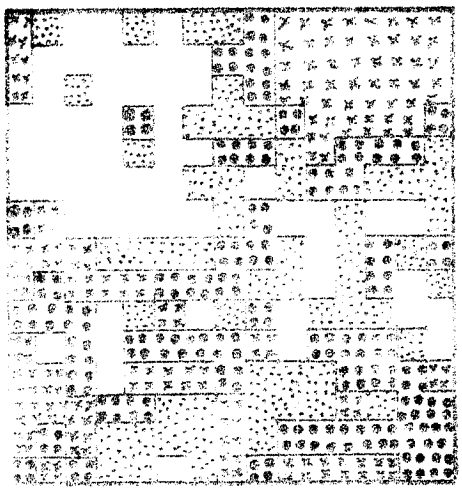
Nutrition minérale du soja et éléments assimilables

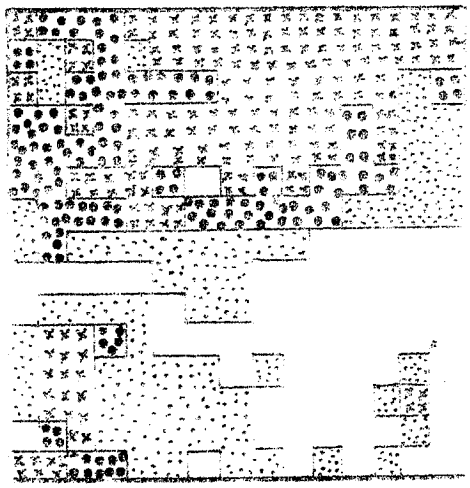




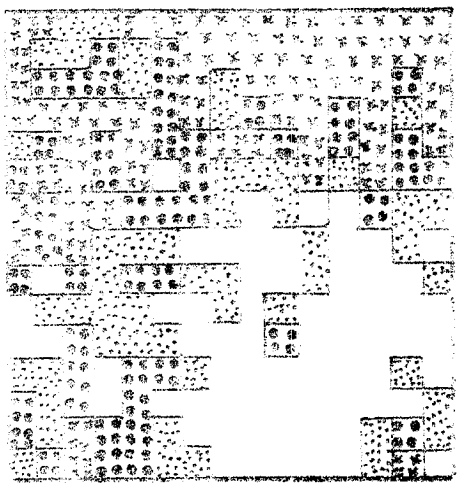
CARTE DE VARIABILITE SPATIALE



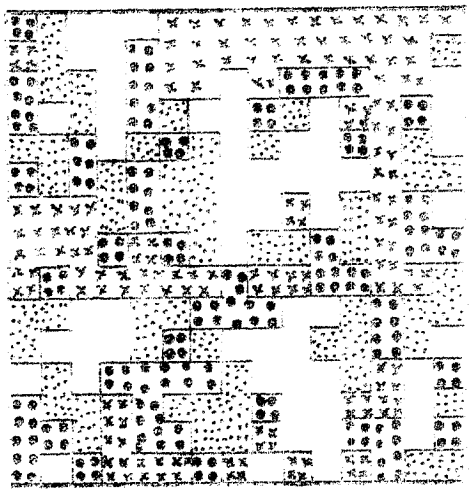




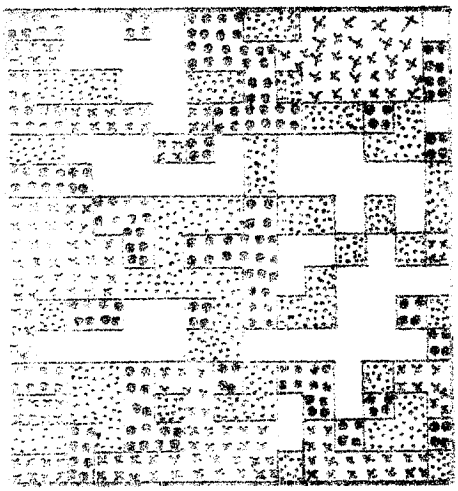
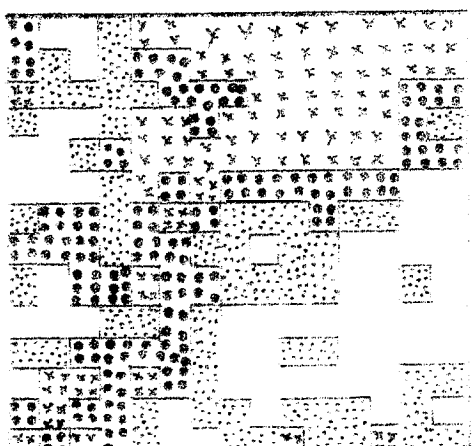
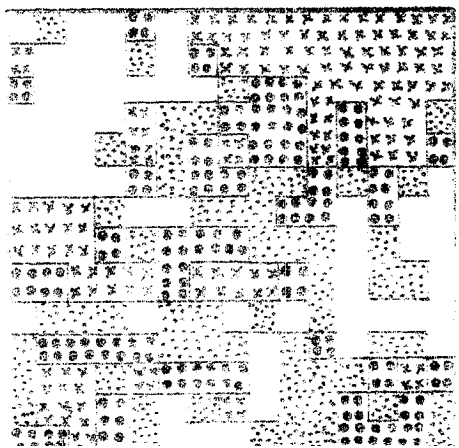
(A + L) sol



C °/oo



P ass.



K éch.