

CN0100338

FG11

SIB

PS/AD

REPUBLIQUE 'DU SENEGAL

PRI MATURE

DELEGATION GENERALE

A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Doc
78/38

EVOLUTION DU SYSTEME GRAIN-PLANTULE CHEZ LE MIL
(Pennisetum typhoides)

AU COURS DE L'EPUISEMENT DU GRAIN

II. Evolution minérale

Par

P. SIBAND

Ingénieur de recherche
IRAI, détaché à l'ISRA

avec la collaboration technique de
B. C. FAYE et I. DIEYE

C.N.R.A. - BAMBEY - S.D.I.

Date 10-04-78

Numéro 030401

Mois Bulletin

Destinataire SR/Doc

Mars 1978

Centre National de Recherches Agronomiques
de BAMBEY

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

R E S U M E

La cinétique de migration des éléments minéraux du grain vers la plantule au cours de la dégradation des réserves du grain, est analysée. De même,, la consommation minérale de la plantule à partir du milieu a été évaluée. L'ajustement de ces deux variables à des expressions mathématiques permet, par dérivation, de chiffrer la dépendance minérale instantanée de la plantule vis-à-vis du milieu.

Celle-ci est totale dès le quatrième jour de culture pour le potassium, et dès six à sept jours pour les autres éléments.

Les conséquences en sont brièvement analysées.

1 - INTRODUCTION

L'étude de l'évolution pondérale du système grain-plantule du mil nous a permis d'ajuster les cinétiques des poids de grain, de racines, et de parties aériennes à des modales (SIBAND, 1978, 2.). Nous nous proposons, à l'aide d'une autre expérimentation, de suivre l'évolution minérale du système, d'abord par ses composants (grain, plantule), puis, en les confrontant, d'analyser la dépendance du mil vis-à-vis du milieu pour les principaux éléments minéraux. Nous entendons par dépendance la part du milieu nutritif dans l'alimentation minérale de la plantule (SIEAND, 1978, 1.).

Pour lui donner une signification précise, appelons d cette dépendance, g l'alimentation minérale de la plantule par le grain, r l'alimentation minérale par le milieu (c'est-à-dire par le biais des racines). Pour l'élément e , on définira de par la relation :

$$d_e = \frac{r_e}{r_e + g_e} \quad (1)$$

d_e est une fonction du temps, tendant vers 1 à mesure que le grain s'épuise en l'élément e . Elle peut s'exprimer relativement à un intervalle de temps donnée, ou pour chaque instant.

2 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les conditions générales d'expérimentation sont les mêmes que précédemment (SIBAND, 1977). On a cultivé du mil synthétique GAM durant 8 jours. La culture est démarrée sur eau distillée jusqu'au 3ème jour, puis conduite suivant trois modalités :

- Culture sur eau distillée
- Culture sur une solution de CaSO_4 à 0,1 millimole par litre
- Culture sur une solution nutritive complète

Le premier traitement nous permet de suivre le système en absence de fourniture externe. Le second est destiné à vérifier si le calcium, dans ces conditions, évite toute déperdition dans le milieu nutritif (action sur la perméabilité du plasmalemme).

Ces deux premiers traitements doivent nous aider à interpréter les résultats du troisième, où interviennent les transferts entre les différents compartiments du système de culture : grain-plantule-solution nutritive,

Les plantules sont récoltées à 4, 6 et 8 jours.

On a pesé et analysé séparément les grains, parties aériennes et racines.

L'essai comprend 8 répétitions, et les échantillons sont regroupés 2 à 2 après pesée de matière sèche, pour analyse.

Les quantités d'éléments minéraux seront exprimées en unités pondérales, excepté lorsque le raisonnement exigera l'expression équivalente.

On conviendra de noter J_1 le 1^{er} jour de culture. Ainsi J_0 est le jour de départ de germination et J_8 celui de fin de l'expérimentation.

3 - RESULTATS ET DISCUSSION

Les moyennes des résultats de base de cette expérimentation sont consignées dans le tableau 1 hors texte.

31, Evolution pondérale des différentes parties (figure n°1)

1 - L'allure des courbes obtenues sur le traitement solution complète est tout à fait compatible avec les ajustements fait précédemment. On admettra donc que les lois sont identiques et, pour les besoins de l'analyse qui suivra, on utilisera les poids de grain (MG) et racine (MR) pour calculer les paramètres de ces lois. On obtient ainsi :

$$MG = 4105e^{-0,5517 t} + 120 \quad (2)$$

$$MR = 41,00 t - 79,67 \quad (3)$$

avec MG et MR en mg pour 100 plantes, et t en jours.

2 - Par rapport à l'évolution du mil cultivé en solution complète, celle du mil cultivé sur eau distillée est beaucoup plus lente : le grain se dégrade moins vite, les parties aériennes et les racines ont une croissance ralentie.

3 - La présence de sulfate de calcium dans la solution constitue une situation intermédiaire, où le poids de grain se situe entre ceux des deux autres traitements, et où les parties aériennes croissent comme celles du traitement eau et les racines comme celles du traitement solution complète.

32, Evolution minérale du grain

On comparera ici les échantillons faits en cours de culture (:Figure n° 2), qui sont constitués de grains sans embryons, alors que les analyses de grain avant semis concernent le grain entier.

A l'exception du phosphore sur deux traitements, les concentrations en éléments minéraux analysés dans le grain tendent à croître entre 34 et 38. D'une façon générale, elles sont plus élevées sur les traitements solution complète que sur les autres sauf pour l'azote, où les différences entre traitements ne sont pas statistiquement significatives.

Ces variations de taux sont le fait de variations non parallèles du contenu (masse d'élément) et du contenant (quantité de matière sèche).

321. Schéma d'interprétation

Le schéma le plus simple est que l'élément minéral sort du grain à mesure que son support disparaît, c'est-à-dire que les réserves sont dégradées. La variation de taux résulterait alors d'une répartition non uniforme de l'élément minéral entre le tissu consommé (albumen essentiellement) et les tissus qui subsistent (péricarpe), ou d'une distribution inégale au sein même des cellules de l'albumen, entre parois et protoplasme.

Dans cette hypothèse, les concentrations au niveau de chaque tissu sont constantes, et les variations du taux moyen de l'élément minéral ne résultent que de l'évolution du rapport de poids entre partie dégradable (D) et partie stable (S). Traduisons les relations qui en résultent, en convenant des notations suivantes:

C = concentration moyenne de l'élément dans le grain

MG = poids du grain

(seuls ces deux paramètres sont directement mesurés).

D = poids de la partie dégradable du grain

S = poids de la partie stable du grain

CD et CS = concentrations correspondantes de l'élément

m_G = masse de l'élément dans le grain

m_D et m_S = masse de cet élément dans les parties dégradable et stable.

On a les relations élémentaires :

$$M_G = D + S$$

$$m_G = m_D + m_S \text{ et}$$

$$C = \frac{m_G}{M_G} ; C_D = \frac{m_D}{D} ; C_S = \frac{m_S}{S}$$

et l'hypothèse que CD, CS et S sont des constantes.

On exprime alors les paramètres mesurés en fonction de ces différentes grandeurs :

$$C = \frac{m_G}{M_G} = \frac{m_D + m_S}{M_G}$$

$$C = \frac{C_D D + C_S S}{M_G}$$

et en fin de compte :

$$C = \frac{C_D M_G + (C_S - C_D) S}{M_G} \quad (4)$$

On obtient ainsi une relation hamographique entre C et MG, qui nous permet deux remarques :

a/- Sous la forme :

$$C M_G = m_G = C_D M_G + (C_S - C_D) S \quad (4 \text{ bis})$$

il apparaît une relation linéaire entre la masse d'élément contenu dans le grain et sa matière sèche.

b/- Sous la forme :

$$C = C_D + \frac{(C_S - C_D) S}{MG} \quad (4 \text{ ter})$$

On voit que lorsque M décroît (épuisement du grain), trois cas peuvent se produire :

$C_S = C_D$, donc $C = C_D$; C reste constante

$C_D > C_S$, C va décroître

$C_D < C_S$, C va croître.

Ceci traduit bien que, lorsque la fraction dégradable perd de l'importance, la concentration moyenne tend vers la concentration dans la partie stable (en fin d'évolution $MG = S$, et $C = C_S$).

322. Relation entre la masse d'éléments et la matière sèche

Les figures 3 et 4 traduisent cette relation.

Si l'on prend comme référence le traitement le plus simple, sur eau distillée, l'approximation linéaire n'est rejetée a priori pour aucun élément. L'effet des traitements peut être de quatre sortes : Nul (cas de l'azote) ; changement de la pente de la droite, qui s'écarte de la droite de référence à mesure que le grain se vide (cas du phosphore sur solution complète) ; translation vers le haut ou vers le bas (potassium, magnésium et sodium y modification plus complexe (calcium, sodium en solution complète).

Nous admettrons le schéma proposé dans le cas de l'azote, tous traitements confondus, et du phosphore sur eau et Ca SO₄.

La déformation observée pour le phosphore en solution complète suggère un effet permanent, tel qu'un ralentissement du départ du phosphore du grain par suite d'une alimentation phosphorée par la solution.

Les effets de translation observés sont au contraire interprétables comme des modifications initiales, déjà achevées à J4, par exemple un rééquilibrage entre la matrice du grain et la fraction dégradable sous l'effet de la solution apportée.

Un tel schéma suppose une communication entre grain et solution. Celle-ci paraît attestée par au moins deux faits :

Tout d'abord, la masse de sodium du grain s'accroît entre J6 et J8 sur solution complète, ce qui implique une entrée nette de sodium et un effet du traitement. Ensuite, sur solution complète, la masse de calcium dans le grain sans embryon est très voisine de la masse initiale de calcium dans le grain entier. Compté tenu de la fraction contenue dans l'embryon, nous devons admettre un gain de calcium par le grain sous l'effet du traitement.

Dans ces conditions, l'arrivée de calcium dans le grain (traitement Ca 504) pourrait déplacer du potassium adsorbé et le mettre à la disposition de la plantule, le grain étant ainsi moins riche en potassium dès J4 ; de même la présence du cation étudié

dans la solution accroîtrait **sa** rétention par la matrice du grain (cas de tous les cations sur solution complète).

Contrairement au comportement du potassium, le niveau de sodium se trouve relevé par l'apport de Ca SO_4 . Il s'agit là encore d'une modification initiale. Une hypothèse pourrait être une moindre absorption de sodium par la plantule par suite du surcroît d'absorption de potassium. Il semble, en effet, y avoir équivalence entre les deux phénomènes (3,8 micro-équivalents de potassium en moins et 3,5 micro-équivalents de sodium en plus).

Les autres modifications observées ne semblent pas répondre au schéma proposé. Dans le cas du sodium sur solution complète on peut supposer une accumulation de cet élément provenant de la plantule, qui en puise dans le milieu.

En résumé, on peut dire que, dans le cas simple d'une culture sur eau distillée, le modèle proposé s'adapte bien aux faits observés, et que les déformations qui y sont apportées suivant les traitements font intervenir un certain nombre de facteurs supplémentaires qui le rendent trop simple. De sorte que, s'il y a bien une relation directe pour la sortie du grain entre ses réserves organiques et minérales, cette relation peut être plus ou moins altérée.

323. Alimentation minérale à partir du grain = g

La libération instantanée d'un élément minéral par le grain peut s'écrire :

$$g = - \frac{dm_G}{dt} \quad (5)$$

Cette relation peut se décomposer de la façon suivante :

$$\frac{dm_G}{dt} = \frac{dm_G}{dMG} \times \frac{dMG}{dt}$$

Or, la relation (2) nous donne MG en fonction de t, et la relation (4 bis) m_G en fonction de MG.

On peut en déduire :

$$\frac{dMG}{dt} = -0,5517 \times 4105 e^{-0,5517 t} = b_1 a_1 e^{b_1 t}$$

$$e^t \frac{dm_G}{dMG} = C_D$$

et nous exprimerons g par :

$$g = - C_D b_1 a_1 e^{b_1 t} \quad (6)$$

Pour déterminer complètement g , il nous faut donc déterminer CD qui est la pente de la droite $m_G = f(MG)$. Seul le traitement sur solution nous intéresse ici.

Nous calculerons cette pente de la façon suivante (en fonction de la validité de l'hypothèse de départ).

- pour N , par régression sur les neufs couples de coordonnées **confondus** sur les trois traitements ;

- Pour P , par régression sur le seul traitement solution complète ;

- Pour K , par régression à partir des trois traitements, la **valeur retenue** étant la moyenne des trois pentes.

- Pour Mg , par régressions sur les traitements eau et Ca SO_4 , d'une part, et solution complète, d'autre part, **et en faisant la** moyenne des deux pentes ;

- On ne calculera pas cd pour Ca et Na, puisqu'ils n'ont pas de sens sur le traitement solution complète.

On obtient les valeurs suivantes :

Tableau n° 1 : Concentrations d'éléments dans la fraction dégradable du grain

Elément	N	P	K	Mg
$CD \%$	1,79	0,204	0,0948	0,0916

Nous avons alors tous les éléments nécessaires pour calculer les valeurs de g .

3 2 4 .. Destinée des éléments provenant du grain

Les éléments minéraux libérés par le grain peuvent alimenter la plantule ou être exsorbés, au niveau des racines, dans le milieu de culture. L'étude de l'évolution minérale du système grain-plantule dans le cas où celui-ci ne reçoit pas l'élément étudié à partir du milieu peut préciser ces deux voies.

Les mesures de contenu du système aux différentes dates sur les trois traitements ont été regroupées dans le tableau n° II.

Chaque valeur est obtenue en faisant la somme des masses contenues dans les trois parties analysées (grain, partie aérienne, plantule), et chaque masse est calculée par le produit des deux **mesures de bases**, de concentration et de poids de l'organe. De la sorte, le contenu du système est apprécié à partir de six mesures différentes, et l'imprécision du nombre intègre les six erreurs. D'autre part, l'erreur sur les poids peut introduire une variation systématique, puisque le même poids est utilisé pour calculer le contenu en tous les éléments à une date donnée. Nous devons garder à l'esprit ces deux aspects pour l'interprétation des résultats.

Ces réserves faites, nous pouvons tenter d'en **dégager** quelques tendances.

1 - Au cours des huit premiers jours, les plantules cultivées sur eau distillée semblent avoir perdu une partie de leur contenu minéral dans le milieu de culture, Si l'on en juge par les chiffres, ces pertes sont surtout importantes entre 54 et 36 pour l'azote, le phosphore, le potassium.

Elles sont encore sensibles entre 36 et 38 pour le potassium,

Une pollution, en sodium, semble être intervenue au cours de culture. Elle a doublé la masse, toujours très faible de cet élément.

Enfin, les variations sur le contenu de calcium ne doivent pas excéder l'erreur de mesure.

En résumé, il semble que les pertes minérales par le système en eau distillée portent sur l'azote, le phosphore et surtout le potassium et qu'elles puissent atteindre environ 10 % du contenu de ce système en chacun de ces éléments.

2 - Le traitement avec du sulfate de calcium paraît avoir atténué ces pertes en azote et phosphore, pour lequel la variation n'excède pas l'erreur, et totalement supprimé pour le potassium, élément dont le bilan semble assez précis.

Nous admettons que lorsque le milieu contient du calcium, comme c'est le cas de la solution complète, les exsorptions dans ce milieu d'éléments minéraux provenant du grain sont négligeables.

33. Evolution minérale de la plantule

331 Absorption minérale par les racines

Par définition, la vitesse d'absorption A_e d'un élément e s'exprime par :

$$A_e = \frac{dme}{MR dt} \quad (7)$$

où me est le contenu de la plante en l'élément e

MR le poids de racines à l'instant t

t le temps

on peut l'apprécier entre 2 instants (t_0 à t_1)

$$A_{oe}^1 = \frac{me_1 - me_0}{MR (t_1 - t_0)} \quad (7 \text{ bis})$$

Ici, le contenu de la plantule s'accroît par l'apport du milieu et par celui du grain. Comme nous avons vu que l'on pouvait considérer que tout ce qui sort du grain se retrouve dans la plantule, et donc ne fait pas varier le système, nous considérerons comme traduisant l'absorption la variation de contenu minéral du système grain plantule.

$\overline{MR}$, poids moyen de racines, est calculé en faisant la moyenne entre les poids à t_0 et à t_1 . La croissance racinaire étant estimée linéaire, il s'agira de la moyenne arithmétique.

Enfin, on pourra mesurer l'absorption entre J3 et 34 en remarquant que la variation de contenu entre J0 et 53 est nulle (culture sur eau distillée) et que la consommation minérale Entre 33 et 34 est donc l'excès de contenu à 34 par rapport au grain entier MR_3 peut d'autre part s'estimer par extrapolation linéaire.

On peut alors construire le tableau suivant :

Tableau n° 2 : Quantités d'éléments minéraux absorbées par jour (milliéquivalents pour 100 grammes de racines et par jour).

Période	J3 ---- 34	J4 ---- J6	56 ---- J8
N	295	333	288
P	65	42	44
K	375	255	156
Ca	95	34	42
Mg	58	37	32
Na	115	26	30

L'allure de pénétration de l'azote ne varie pas au cours du temps, et on peut admettre que son absorption est constante.

Pour les autres éléments, cette absorption est plus intense à la première date, qui par la suite ce qui peut s'expliquer par un fort déficit lorsque l'on passe de l'eau distillée à la solution nutritive, mais, pour P, Ca, Mg et Na, on peut considérer que les deux dernières mesures traduisent une stabilisation de l'absorption.

L'absorption de potassium décroît au contraire constamment, en partant d'un niveau très supérieur à celui de l'azote.

Entre 34 et J8, nous pouvons faire l'approximation d'une absorption régulière pour les éléments étudiés à l'exception du potassium,

332. Alimentation minérale à partir du milieu : r

Dans l'instant, l'ensemble des racines absorbent :

$$r = \frac{dn}{dt} = AMR$$

Si A est une constante et MR une fonction linéaire du temps, r est elle même une fonction linéaire du temps.

34. Dépendance de la plantule vis-à-vis du milieu

Nous avons, pour chaque élément minéral, une expression de g (relation 6) et de r (relation 3). Nous pouvons donc calculer la dépendance d de la plantule vis-à-vis du milieu (relation 1). La représentation graphique est faite dans le cas de l'azote (figure n°5). Elle est par exemple de près de 70 % à J5.

Pour le potassium, cette dépendance est pratiquement de 97 % dès le 4^{ème} jour.

A J5, on obtient les valeurs suivantes :

Tableau n° 3 : Valeur de la dépendance vis-à-vis du milieu pour quelques éléments.

Elément	N	P	K	Mg
d	0,68	0,70	0,99	0,76

D'une façon générale, on peut estimer que la part du grain dans l'alimentation de la plantule est très faible dès 6 à 7 jours, et que la dépendance vis-à-vis du milieu est alors totale.

4 - CONCLUSIONS

Pour appréhender l'évolution minérale du grain, nous avons fait l'hypothèse qu'elle résultait d'un schéma simple selon lequel le grain est constitué de deux parties entre lesquels les éléments minéraux sont distribués inégalement. La partie qui se dégrade libère des éléments minéraux qui sortent du grain au fur et à mesure de leur libération.

L'interprétation dépend en partie de l'acceptation de ce schéma - En particulier, dans la mesure où il est vérifié, nous sommes conduits à supposer une communication entre solution et grain dont la voie n'est pas explicitée, mais suffisamment rapide pour rendre compte d'un rééquilibrage des cations par échange au niveau du grain avant les premières mesures, soit dans les premières 24 heures.

D'autre part, les comportements différents des cations font supposer un état différent dans le grain. Ainsi du potassium est libéré en présence de calcium alors que le magnésium n'est pas affecté. On peut en déduire que le magnésium du grain n'est pas échangeable, tandis qu'une partie du potassium l'est.

La mesure d'une consommation moyenne journalière nous donne une idée de l'évolution de l'absorption dans le temps. Celle-ci semble assez stable pour l'azote, et, après une absorption plus intense de départ (facilement explicable) pour les autres éléments étudiés, à l'exception du potassium, qui, après une absorption initiale très intense, voit celle-ci diminuer avec le temps.

Quoiqu'il en soit, la part du contenu minéral de la plantule provenant du milieu devient très vite prépondérante, et, comme pour la nutrition carbonée, l'essentiel de l'approvisionnement de la plantule se fait à partir du milieu de culture dès le 5^{ème} ou le 6^{ème} jour. Ceci est particulièrement vrai pour le potassium.

La contribution minérale du grain à l'alimentation de la plantule est donc très éphémère, et se termine (transposé aux conditions de champs) avant la première intervention culturale après le semis. Il importe donc de vérifier l'effet des conditions créées avant l'installation de la culture sur son alimentation minérale.

D'autre part, sur le plan méthodologique, on peut voir que les études de nutrition minérale sur les plantules de mil peuvent se faire dès le 7ème jour de végétation en négligeant les apports dûs au grain, sous réserve que les modifications des deux sources (grosseur du grain, concentration de la solution) influent peu sur l'établissement de la dépendance minérale vis-à-vis du milieu.

Tableau n° 1 - Résultats de base obtenus sur l'essai
évolution minérale

Traitements			Eau distillée			Ca SO ₄			Solution complète		
Mesure	Organe	Grain entier	J4	36	J8	J4	56	J8	J4	J6	JE
Matière sèche (mg/100 plantes)	Grain	1032	609	428	307	583	392	244	547	288	167
	Partie aérienne	-	207	316	455	220	353	464	242	572	980
	Racine	-	79	122	138	91	175	237	82	171	246
Azote %	Grain	2,30	1,86	1,81	1,91	1,80	1,74	1,99	1,81	1,75	2,013
	Partie aérienne	-	4,54	3,39	2,70	4,43	3,33	2,59	5,13	4,50	4,29
	Racine	-	3,32	22,63	22,61	3,14	2,53	2,34	4,05	3,85	3,56
Phosphore %	Grain	0,323	0,210	0,187	0,168	0,204	0,185	0,186	0,217	0,218	0,225
	Partie aérienne	-	0,863	0,583	0,473	0,833	0,539	0,443	0,958	0,877	0,985
	Racine	-	0,387	0,383	0,333	0,415	0,408	0,298	0,945	1,110	1,287
Potassium %	Grain	0,539	0,175	0,211	0,249	0,154	0,176	0,249	0,253	0,408	0,597
	Partie aérienne	-	1,617	0,963	0,700	1,525	0,800	0,600	4,682	5,819	5,819
	Racine	-	1,530	1,093	0,814	1,457	1,171	0,932	2,650	3,200	2,960
Calcium %	Grain	0,028	0,028	0,034	0,045	0,037	0,060	0,084	0,051	0,101	0,157
	Partie aérienne	-	0,045	0,041	0,038	0,165	0,272	0,375	0,322	0,411	0,546
	Racine	-	0,032	0,042	0,049	0,075	0,071	0,059	0,119	0,143	0,287
Magnésium %	Grain	0,112	0,115	0,131	0,141	0,117	0,138	0,148	0,127	0,170	0,199
	Partie aérienne	-	0,191	0,148	0,128	0,174	0,138	0,125	0,220	0,214	0,221
	Racine	-	0,095	0,076	0,065	0,093	0,076	0,065	0,442	0,625	0,750
Sodium %	Grain	0,046	0,032	0,044	0,058	0,050	0,070	0,095	0,081	0,153	0,463
	Partie aérienne	-	0,080	0,057	0,053	0,138	0,129	0,078	0,184	0,206	0,194
	Racine	-	0,242	0,150	0,225	0,250	0,200	0,150	0,979	0,900	1,521

Tableau n° II - Evolution du contenu minéral du système grain plantule (mg/100 plantules).

Elément	Traitement	JO	34	J6	J8
Azote	Eau distillée		23,35	21,67	21,75
	Ca SO ₄	23,74	23,10	22,99	22,43
	Solution compl.		25,63	37,36	54,16
Phosphore	Eau		3,45	3,11	3,13
	Ca SO ₄	3,34	3,48	3,32	3,21
	Solution		4,25	7,54	13,20
Potassium	Eau		5,62	5,28	5,07
	Ca SO ₄	5,56	5,58	5,56	5,60
	Solution		14,89	39,93	65,31
Calcium	Eau		0,29	0,33	0,38
	Ca SO ₄	0,29	0,65	1,32	2,09
	Solution		1,16	2,89	6,32
Magnésium	Eau		1,17	1,12	1,11
	Ca SO ₄	1,16	1,15	1,14	1,10
	Solution		1,60	2,78	4,34
Sodium	Eau		0,55	0,55	0,73
	Ca SO ₄	0,47	0,82	1,08	0,95
	Solution		1,69	3,16	6,42

B I B L I O G R A P H I E

- SIBAND, P., 1977 - Système de culture hydroponique pour des études de plantules de céréales.
Doc. Multig. CNRA Bambe,
- SIBAND, P., 1978-1 - Nutrition minérale des plantules de Mil, Maïs et Sorgho au cours des premiers jours de végétation
Doc. Multig. CNRA Bambe.
- SIBAND, P., 1978-2 - Evolution du système grain-plantule chez le mil (Pennisetum typhoides) au cours de l'épuisement du grain - 1 Evolution pondérale.
Doc. Multig. CNRA Bambe),

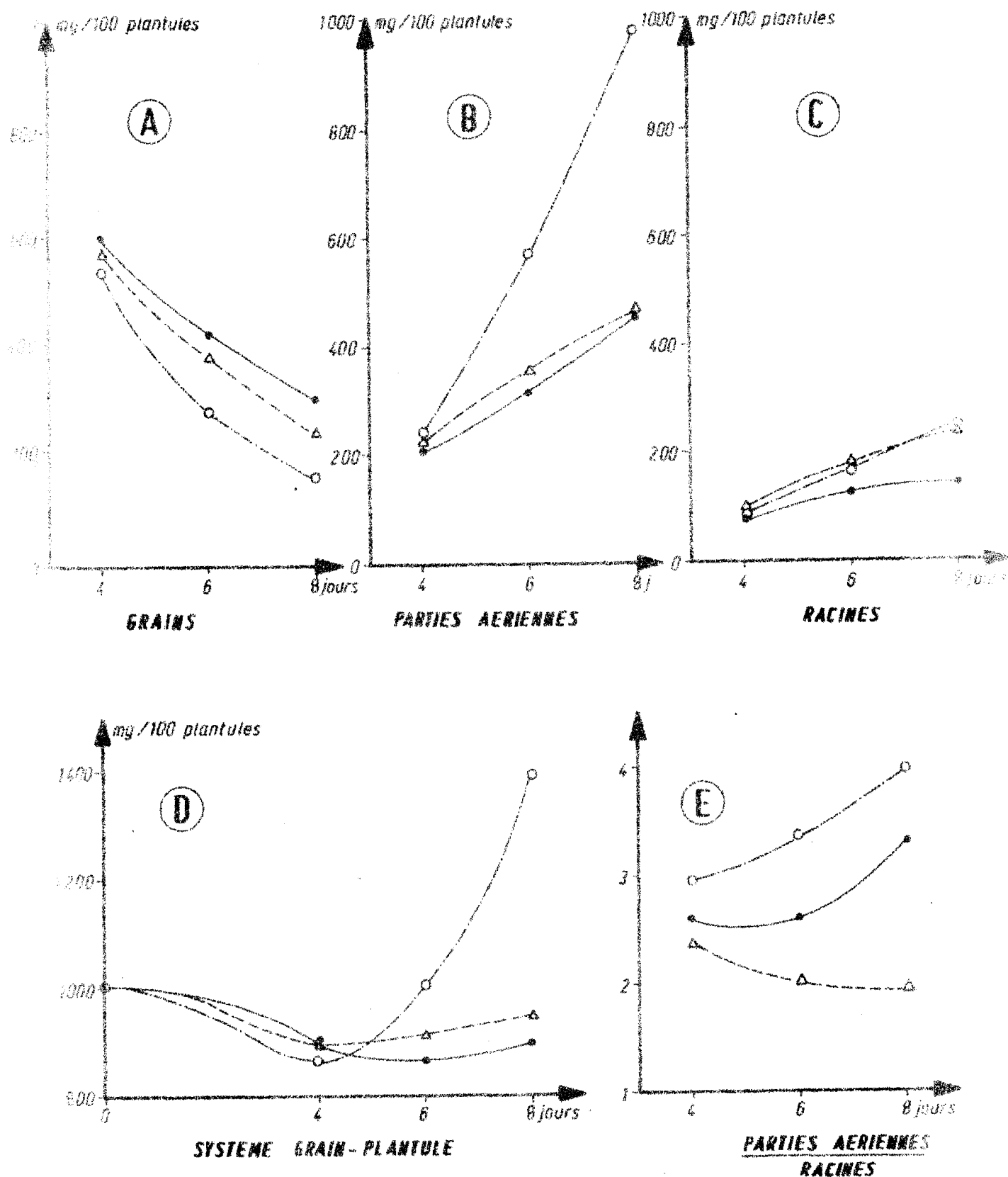


Fig. n°1 Evolution des poids secs des différentes parties de la plantule au cours du temps

—●— Sur eau pure
 —△— Sur solution Ca SO_4
 —○— Sur solution complète

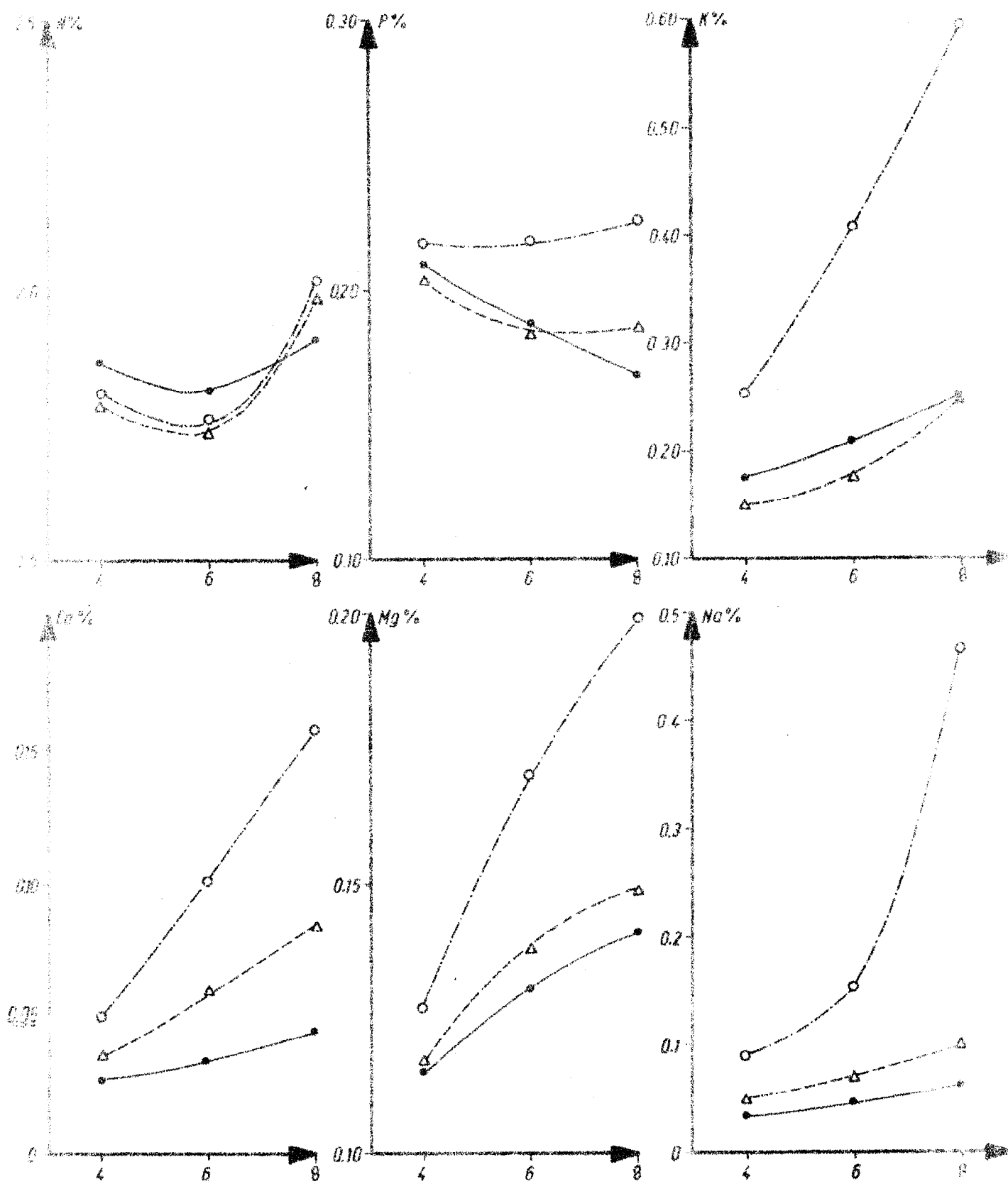


Fig. n° 2 Evolution des taux d'elements majeurs dans le grain sans embryon

—●— Eau
 -△- $CaSO_4$
 -○- Solution complète

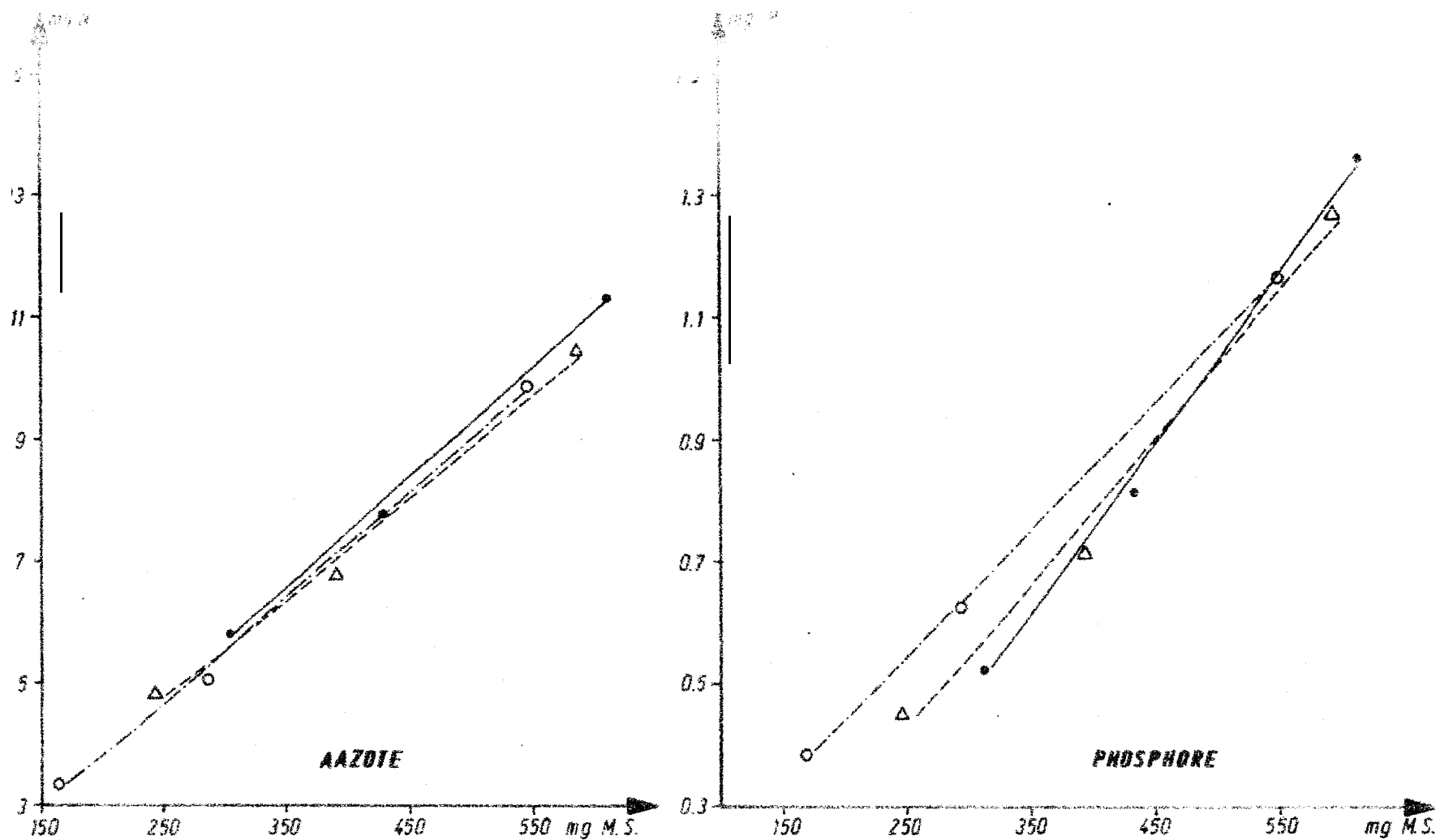


Fig. n° 3 Relation entre masses d'azote et de phosphore et matière sèche dans le grain

- Culture sur eau distillée
- △- Sur CaSO_4
- Sur solution complète

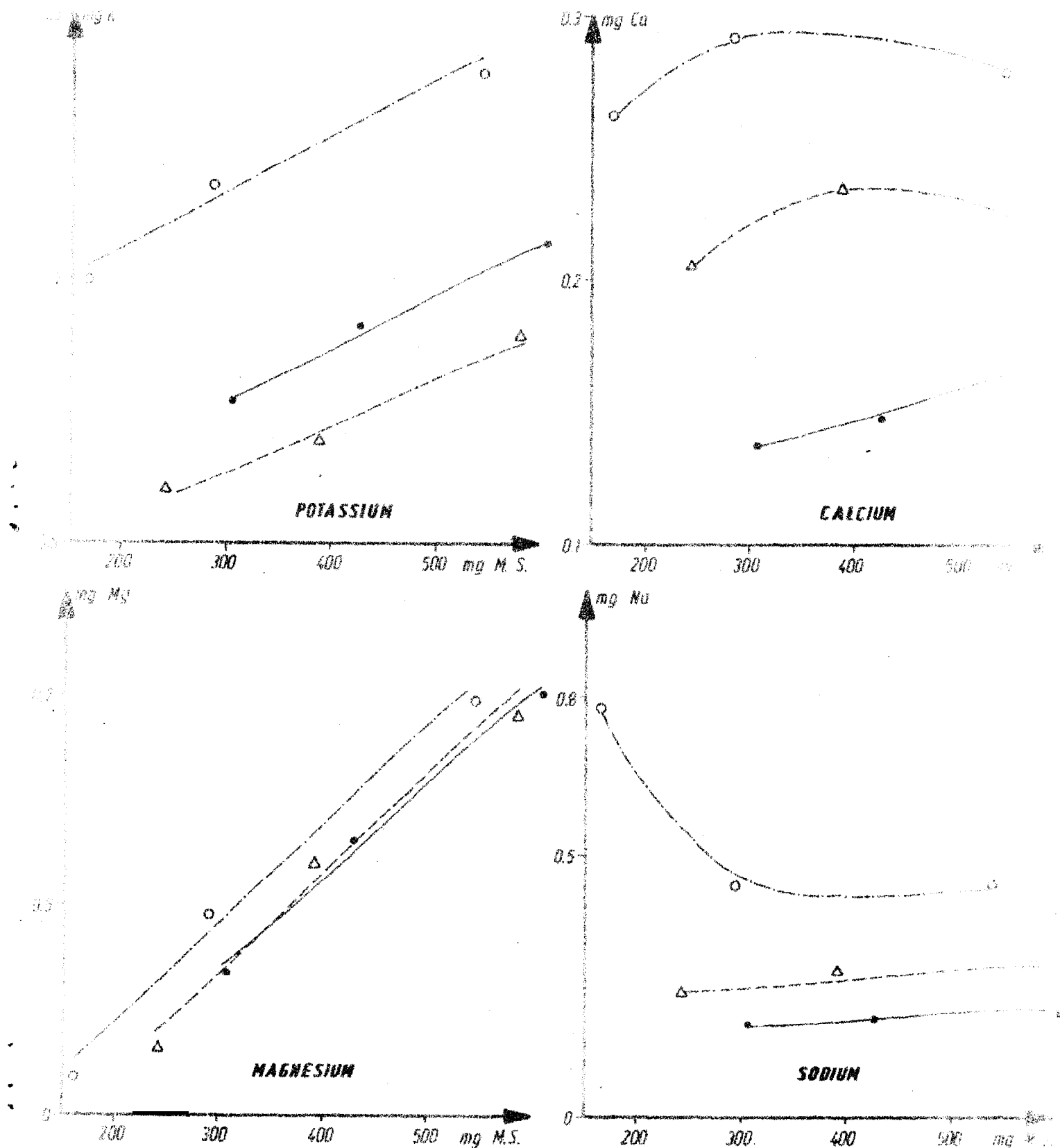


Fig. n° 4 Relation entre masses de cations et matière sèche
dans le grain

- Eau distillée
- △— CaSO_4
- Solution complète

(μg / 100 plantes / jour)

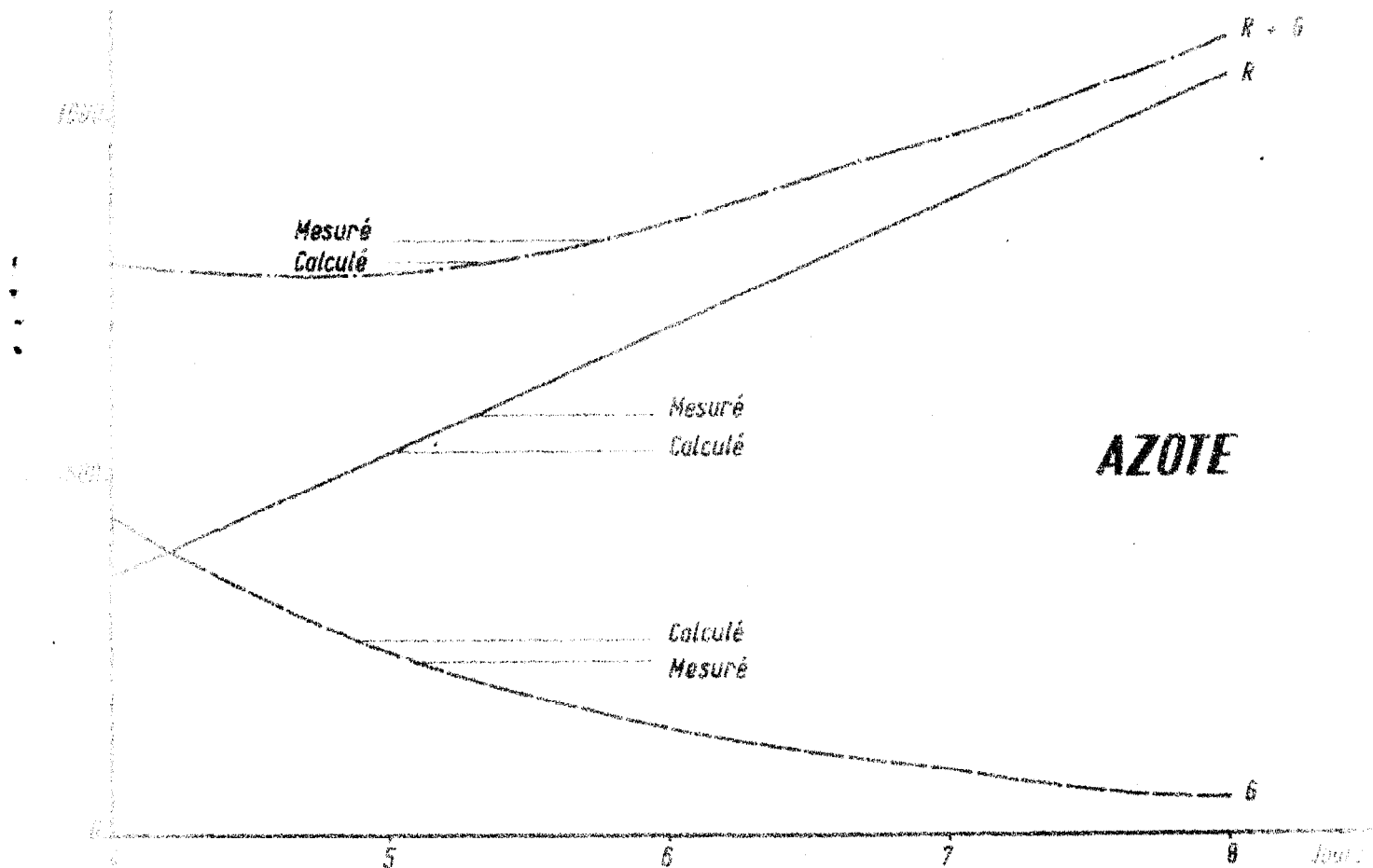
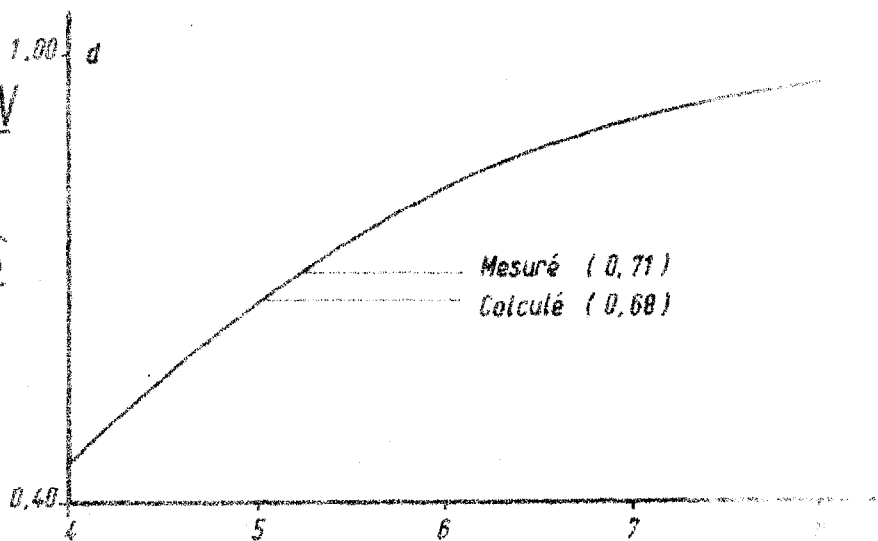


Figure n° 5

EVOLUTION DE L'ALIMENTATION
DE LA PLANTULE PAR LE
GRAIN (9) ET LES RACINES
(10)



DEPENDANCE DU MILIEU (d)