

CN0100315
F611
SIB

494/78

SVT

REPUBLIQUE DU SENEGAL
PRIMATURE

DELEGATION GENERALE
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE

1778 / 9

NUTRITION MINERALE DES PLANTULES DE
MIL, MAIS ET SORGHO
AU COURS DES PREMIERS JOURS DE VEGETATION

par

P. SIBAND
Ingénieur de Recherche IRAT
détaché à l'I.S.R.A.

Avec la collaboration technique de
1. DIEYE

Janvier 1978

Centre National de Recherches Agronomiques
de Bambey

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

R E S U M E

On compare la nutrition minérale des plantules de mil, de maïs et de sorgho au cours de la période d'épuisement du grain (phase d'installation). On peut considérer que cette phase est achevée avant dix jours de végétation. Les trois céréales sont comparées selon différents critères (vitesse de croissance, consommation minérale, demande au milieu, dépendance vis à vis du milieu, sollicitation du milieu) dont on tire les conséquences sur leur comportement.

•

•

x

x

x

Remerciements

Nous remercions M. OLIVER, chef des laboratoires d'analyse du CNRA de Bambey, pour l'ensemble des déterminations chimiques dont il est fait état dans le texte.

1 - INTRODUCTION

L'objet de ce travail est de situer sommairement la phase d'installation de trois céréales (mil, maïs et sorgho) et de dégager quelques caractéristiques permettant de les comparer au cours du début de végétation. Nous entendons par phase d'installation la période du cycle qui va de la germination à l'épuisement des réserves du grain.

2 - MATERIEL ET METHODE

On a cultivé les trois céréales sur un dispositif hydroponique décrit précédemment (SIBAND, 1977). Les matériels végétaux retenus sont d'origine locale: un mil GAM, le maïs BDS, le sorgho CE 90.

Le semis est effectué à raison de 0,5 gramme: de semences de mil ou de sorgho par vase. On éclaircit les cultures à 10, puis à 3 plantules par vase respectivement aux 5^e et 10^e jours. Le maïs a été conduit dès le semis à 3 plantules par vase.

Durant les trois premiers jours après arrosage des semences, la culture est conduite sur eau distillée. Elle est ensuite passée sur une solution nutritive complète contenant par litre : KNO_3 , 2 mM; NaNO_3 , 2 mM; NaH_2PO_4 , 1 mM; CaSO_4 , 0,5 mM; MgCl_2 , 0,75 mM. Les oligoéléments sont apportés aux concentrations de 0,5 ppm de B; 0,75 ppm de Mn; 0,05 ppm de Zn; 0,03 ppm de Cu; 0,02 ppm de Mo; 5 ppm de Fe (apporté sous forme complexée à l'EDTA).

La solution est renouvelée tous les jours.

On a suivi en cours de culture les longueurs des racines et parties aériennes, à raison d'une mesure par vase tous les deux jours.

Chaque culture comprend 20 vases dont deux constituent chaque fois une répétition, pour des raisons de volume d'échantillon. La moitié des vases est récoltée à 10 jours de végétation, l'autre moitié à 15 jours.

A chaque récolte, on a séparé grains, racines et parties aériennes qui ont été séchés, pesés et analysés. Les grains entiers avant germination ont également été analysés. L'azote est extrait par minéralisation Kjeldahl et dosé à la chaîne colorimétrique électrosynthèse par la méthode de Berthelot.

Le phosphore et les cations sont obtenus par minéralisation par voie sèche et reprise à l'acide chlorhydrique, puis dosés pour le phosphore sur la chaîne électrosynthèse au réactif de Misson, pour le potassium par émission de flamme et pour le calcium et le magnésium par absorption atomique en milieu Lanthane.

31- Croissance linéaire et pondérale des plantules

1) La figure n°1 compare les croissances linéaires des parties aériennes et des racines de mil, maïs et sorgho, La mesure effectuée étant celle de la plus grande longueur, la mesure des racines est en fait celle de la plus grande (ou de l'unique) racine séminale.

Pour les parties aériennes, bien que le mil commence sa croissance plus précocement que les deux autres céréales, celles-ci le dépassent assez tôt, particulièrement le maïs.

La croissance des racines n'est manifeste que dans les premiers jours, et atteint un palier dès le septième jour pour le sorgho et le mil, dès le onzième jour pour le maïs. Ce palier, qui marque probablement la fin de la croissance des racines séminales et le relais pris par les racines secondaires (apparues aux 6^e et 7^e jours), est plus élevé pour le maïs (27 cm) et plus bas pour le sorgho (20-21) cm quo pour le mil (23 cm). Les différences sont cependant relativement faibles.

2) Le tableau suivant donne les poids atteints à 10 et 15 jours de végétation par les racines et parties aériennes des trois céréales.

Tableau n°1: Poids des parties aériennes et des racines
(mg de matière sèche pour 100 plantules)

Jour	Organes	Mil	Maïs	Sorgho
10ème	Parties aériennes	1880	13 220	1860
	Racines	372	2 503	459
15ème	Parties aériennes	8020	46 280	9090
	Racines	1378	6461	2214

Dès le dixième jour de végétation, la plantule de maïs constitue une masse végétale environ sept fois supérieure à celle du mil ou du sorgho, dont les poids de plantules sont assez voisins. Au quinzième jour l'écart s'est creusé entre mil et sorgho à l'avantage de ce dernier.

3) Dans une manipulation annexe, on a pu mesurer, dans des conditions comparables, simultanément le poids et la longueur des racines, et déterminer ainsi le poids d'un mètre de racines de mil, de maïs et de sorgho, qui est respectivement de 10,71 - 35,65 et 7,68 mg. Ceci nous permet de calculer la longueur totale de racines de 100 plantules obtenues dans les trois cas.

Tableau n° 2: Longueur totale des racines de 100 plantules (en mètres)

Jour	Mil	Maïs	Sorgho
10ème	34,7	70,2	59,8
15ème	128,7	181,2	288,3

Du fait des différences de grosseurs des racines, pour une différence de poids de matière sèche très importante, la longueur de racines de maïs à 10 jours est peu différente de celle des racines de sorgho, et seulement le double de la longueur des racines de mil. Au 15^e jour, c'est le sorgho qui a de loin la plus grande longueur de racines, et l'écart relatif entre mil et maïs a diminué. DOGGETT (1970), CHOPART (1970) signalent l'enracinement très développé du sorgho.

On peut remarquer en rapprochant ces données de celles de la figure 1, qu'au 10^e jour la racine séminale du mil rend compte des $\frac{2}{3}$ de la longueur des racines d'un pied, et que, pour le maïs, la racine séminale la plus longue représente 40% de la longueur totale. La part des racines nodales est donc faible pour ces deux céréales à ce stade. Pour le sorgho au contraire, la racine séminale ne correspond plus qu'au tiers de la longueur totale.

4) La croissance de la plantule se fait aux dépens de deux sources carbonées: le grain, qui alimente de moins en moins la plantule, et la photosynthèse, qui prend une part de plus en plus importante au cours du temps.

On peut remarquer que la dimension de la plantule est d'autant plus importante que le grain était initialement plus gros, donc ses réserves carbonées plus abondantes. Toutefois, l'accroissement n'est pas proportionnel. En prenant comme base les poids du grain et de la plantule du mil, voyons comment se situent l'un et l'autre pour les deux autres céréales.

Tableau n° 3: Poids des grains et plantules de sorgho et de maïs au 10^e jour par rapport à ceux du mil

Plante	Mil	Maïs	Sorgho
Grain	1,00	21,49	1,89
Plantule	1,00	6,98	1,03

Les différences de poids de plantules à 10 jours ne sont pas en rapport avec les différences de poids initiaux du grain. Autrement dit, plus le grain est gros, et plus ses réserves sont susceptibles d'avoir pris une part importante dans l'alimentation de la plantule durant les dix premiers

jours. Ces résultats sont en accord avec ceux de STEBBINS (1976).

Ainsi, le poids du système, à 10 jours est de deux fois et demi son poids initial pour le mil (2422 mg) une fois et demi celui-ci pour le sorgho (2779 mg), alors que le maïs n'a pas encore retrouvé son poids de départ (2043 mg).

3.2. Composition et épuisement du grain

Les compositions des grains sont assez comparables aux données de la littérature (DOGGETT, 1970, SPRAGUE, 1955, ANDREW, et coll. 1950, ADRIAN et JACQUOT, 1964). Les valeurs de leurs contenus sont consignées dans le tableau n°1.

Tableau 4: Poids et contenu minéral des grains entiers (mg pour 100 grains)

Plante	Matière sèche	Azote	Phosphore	Potassium	Calcium	Magnésium
Mil	1 004	20,1	3,6	10,3	0,3	1,3
Maïs	21 580	397,0	65,2	170,9	6,5	24,6
Sorgho	1 902	44,1	6,6	5,6	0,5	3,1

Le grain de maïs, dix fois plus gros que celui du sorgho et vingt fois plus gros que celui du mil, contient des réserves organiques et minérales évidemment beaucoup plus importantes que ces deux céréales.

La réserve potassique du sorgho est particulièrement faible. On a calculé l'évolution de ce contenu au cours de la culture.

Tableau n°5: Pertes de poids et de contenu minéral des grains entiers (en % des valeurs initiales).

Période	Espèce	Matière sèche	N	P	K	Ca.	Mg
0 à 10 jours	Mil	83	85	83	87	67	77
	Maïs	79	81	75	91	92	81
	Sorgho	76	68	91	54	60	90
10 à 15 jours	Mil	1	0	3	4	0	0
	Maïs	5	2	9	2	0	4
	Sorgho	6	7	0	0	0	0

Le grain a toujours perdu d'autant plus de matière sèche et de réserves minérales qu'il en contenait initialement davantage. L'essentiel de ces pertes se situent avant le dixième jour. Au-delà, l'évolution du stock organique et minéral pour le mil et le sorgho est à peine supérieure à l'imprécision de la mesure. Par conséquent l'essentiel de la fourniture d'éléments nutritifs par le grain à la plantule est assuré avant le 100 jour.

3.2-Nutrition minérale des plantules

1) Le contenu des plantules au 10^e jour, et le complément d'éléments minéraux absorbés entre le 100 et le 15^e jour, sont représentés respectivement sur les figures 2 et 3. Comme pour l'alimentation carbonée, l'alimentation minérale de la plantule est assurée par deux sources: le grain et le milieu racinaire. La fourniture par le milieu est mesurée par différence entre le contenu de la plantule et la part provenant du grain. Sur les graphiques, on a hachuré cette dernière part.

2) Au 10^e jour, (fig.n°2), la quantité d'éléments minéraux venue du grain dans le contenu de la plantule est toujours beaucoup plus importante pour le maïs que pour le sorgho ou le mil.

Cependant le contenu de sa plantule étant très important, le maïs est, des trois céréales, celle qui puise, de foin, la plus grande quantité d'éléments minéraux dans le milieu de culture au cours des dix premiers jours.

Excepté pour le potassium, qu'elle absorbe moins intensément, et pour le calcium, la plantule de sorgho s'alimente à partir du grain pour une fraction beaucoup plus importante que la plantule de mil. Comme, d'autre part, le contenu de la plantule de sorgho est inférieur (cas de N et K) ou seulement légèrement supérieur (cas de P, Ca, Mg) à celui de la plantule de mil, le sorgho consomme moins d'éléments minéraux à partir du milieu (à l'exception de Ca) que le mil, durant ces dix jours.

3) La proportion des éléments contenus dans la plantule qui proviennent du milieu est indiquée dans le tableau suivant.

Tableau n°6 : Proportions du contenu minéral des plantules au 10^e jour de végétation provenant du milieu.

%	N	P	K	Ca	Mg
Mil	83	78	96	91	86
Maïs	53	70	84	83	69
Sorgho	66	68	96	95	70

Le mil est celle des trois céréales qui, dans l'ensemble, est la plus dépendante du milieu pour son alimentation minérale. De même, le maïs est la moins dépendante. Le potassium et le calcium proviennent du milieu dans les trois cas, pour une très forte proportion.

4) Entre le 10^e et le 15^e jour (fig. N°3), la part du grain dans l'ensemble de la consommation minérale, appréciable seulement chez le maïs, est dans les trois cas très faible.

Le maïs a toujours une consommation très supérieure à celle des autres céréales, tandis que le mil devient celle qui consomme le moins d'éléments minéraux (à l'exception du potassium, dont la consommation excède encore légèrement celle du sorgho).

5) Entre les 10^e et 15^e jours, on connaît la consommation minérale à partir du milieu, et (en faisant l'approximation d'une croissance racinaire linéaire) la longueur moyenne des racines, on peut donc calculer l'absorption moyenne journalière par mètre de racine:

Tableau n°7: Absorption moyenne journalière entre 10 et 15 jours (mg/m de racine)

Eléments	N	P	K	Ca	Mg
Mil	0,725;	0,164;	1,131	0,032;	0,061
Maïs	2,388	0,551	4,259;	0,123;	0,164
Sorgho	0,421	0,095	0,477;	0,018	0,030;

Ramenée à la longueur de racines, la vitesse d'absorption des éléments minéraux s'avère minimale chez le sorgho, et particulièrement forte chez le maïs.

Si l'on considère l'élongation racinaire comme assez représentative de l'importance de l'exploration du milieu par les racines, on peut admettre que ces chiffres traduisent la consommation minérale des trois céréales à partir d'un même volume exploré, et sont une bonne appréciation de la sollicitation du milieu par la plante, importante lorsque le renouvellement du milieu racinaire est lent.

4 - DISCUSSION

Les réserves carbonées et minérales des semences de mil, maïs et sorgho sont en quantités très différentes selon la céréale. Ces réserves peuvent être considérées comme à peu près épuisées dès 10^e jour de végétation, et la part qu'elles prennent ultérieurement dans l'approvisionnement minéral et organique de la plantule est très limitée.

Dans les dix premiers jours, la consommation de la plantule, liée à la vitesse de croissance, est beaucoup plus importante pour le maïs que pour le mil et le sorgho. Mais en même temps, la part du grain comme source d'éléments minéraux s'accroît avec la grosseur du grain. De la sorte, il nous faut distinguer la quantité totale consommée (contenu de la plantule) du prélèvement effectué sur le milieu (contenu de la plantule ne provenant pas du grain), qui est par exemple supérieur dans les premiers jours pour le mil à ce qu'il est pour le sorgho.

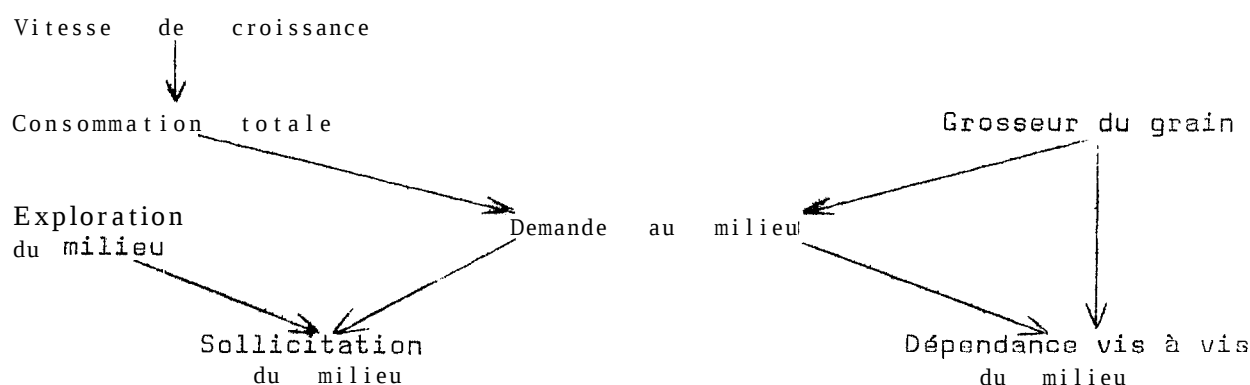
D'autre part, on peut dégager deux paramètres supplémentaires :

- La dépendance d'une plantule vis à vis du milieu qui est d'autant moindre que son recours au grain est plus important: si l'on prive le mil d'azote, son alimentation azotée ne sera assurée que pour 1/5 par son grain, alors que le maïs dans le même cas sera encore pourvu à 50%.

- La sollicitation du milieu qui serait la consommation minérale à partir de ce milieu ramenée à l'unité de volume explorée: Dans nos conditions d'expérience, le sorgho consomme davantags d'éléments minéraux à partir du milieu entre 10 et 15 jours, mais le sollicite moins que le mil ne le fait. Il en est nécessairement de même dans les 10 premiers jours de végétation puisque le sorgho consomme moins et développe davantage de racines que le mil.

Ces différents paramètres sont fonction de trois facteurs principaux: la grosseur du grain, qui détermine sa participation à la nutrition de la plantule (si l'on admet que la composition du grain ne varie pas de façon importante), la vitesse de croissance qui suscite la consommation minérale de la plantule (en ne tenant pas compte, là non plus, d'un facteur secondaire de variabilité, dû aux exigences minérales particulières de telle ou telle espèce); l'exploration du milieu qui répartit la consommation minérale à partir du milieu sur un volume plus ou moins grand de cette source.

Ces facteurs et paramètres entretiennent des relations qu'on schématisera ci-après



D'un autre côté, ils permettent un classement des espèces propres à chacun d'eux que l'on donnera dans le tableau^{n°8} suivant, les valeurs décroissantes pour chaque paramètre pour les premiers jours de végétation.

Tableau n° 8 : Classement des trois céréales suivant les paramètres retenus dans l'ordre décroissant

PARAMETRES	En cours d'épuisement du grain	Après épuisement du grain
Consommation totale	Maïs, Sorgho, Mil	Maïs, Sorgho, Mil
Demande au milieu	Maïs, Mil, Sorgho	
Dépendance vis à vis du milieu	Mil, Sorgho, Maïs	
Sollicitation du Milieu;	Maïs, Mil, Sorgho	Maïs, Mil, Sorgho

Après le dixième jour, si l'on admet que la participation du grain à la nutrition des plantules, sans être nécessairement nulle, est très faible, la dépendance vis à vis du milieu est totale, la consommation totale correspond à la demande au milieu, et il ne reste plus que deux paramètres significatifs sur quatre, la demande totale et la sollicitation du milieu.

Remarques:

- 1) le classement est bien sûr relatif au matériel étudié et aux conditions d'expérimentation.
- 2) les paramètres peuvent varier d'un élément nutritif à l'autre. Le classement est donc synthétique.
- 3) Ils sont fonction du temps.
- 4) Il est possible de les étendre à l'alimentation carbonée, à condition de faire intervenir la respiration et la vitesse de croissance relative.

4 - C O N C L U S I O N

Au cours de cette étude, nous avons été amenés à identifier un certain nombre de paramètres définissant le comportement des plantes comparées dans les premiers jours de leur végétation.

La croissance et l'alimentation des jeunes plantules peut être caractérisée par la vitesse de croissance, la consommation totale, la demande au milieu, la dépendance du milieu (liée à l'importance du grain), la sollicitation du milieu (qui est notamment fonction du degré d'exploration racinaire).

La comparaison des phasos d'installation des mil., maïs et sorgho nous a permis de dégager un certain nombre de traits susceptibles de rendre compte de leur comportement au début de végétation.

- Le maïs qui sollicite fortement le milieu, va demander un niveau de fertilité élevé. Mais les réserves de son grain pourront éventuellement tamponner un déséquilibre minéral du milieu.

- Le mil, tout au contraire, en sollicitant moins le milieu est adapté à un substrat de plus faible fertilité, mais sa dépendance étroite du milieu doit le soumettre davantage aux variations de celui-ci.

- Le sorgho, sollicitant peu le milieu et gardant un recours par les réserves de son grain, devrait, durant sa phase d'installation, être à la fois moins exigeant quant à la fertilité du milieu que le maïs et moins sensible à ses variations que le mil.

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

- 1- ADRIAN J. et JACPUOT R., 1904 : Le sorgho et les mils on alimentation humaine et animale - Vigot - Paris.
- 2- ANDREW L. et coll., 1960: Tho structure and composition of foods. Vol.I John Wiley and Sons - New York.
- 3- CHOPART J.L., 1970, Morphologie et croissance de l'enracinement du sorgho (Sorghum vulgare) en deux conditions du fertilité. Doc. multig. CNRA Bamboy - 97 pages.
- 4- DOGGETT H., 1970 - Sorghum- Langmans. Londres
- 5- SIBAND P., 1977, Système de culture hydroponique pour des études de plantulos de céréales. Doc. multig. CNRA Bamboy.
- 5- SPRAGUE G.F., 1955 : Corn and corn improvment. Academic press. New York.
- 7- STEBBINS G.L., 1976, Seed and Seedling ccology in annuel legumes I A comparaison of seed size and saadling development in some spscies. Oocol. plant. 11,(4) 321-331.

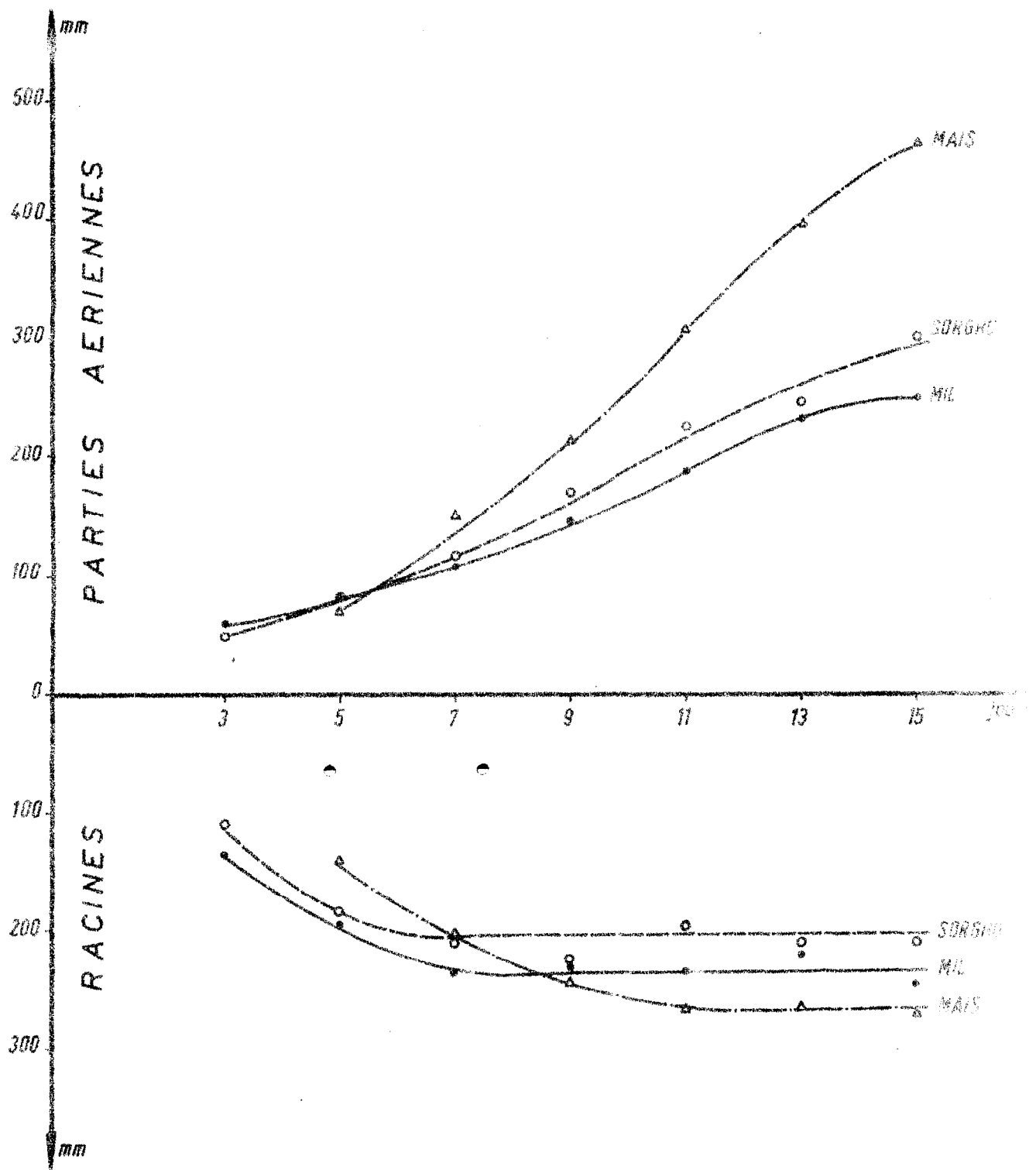
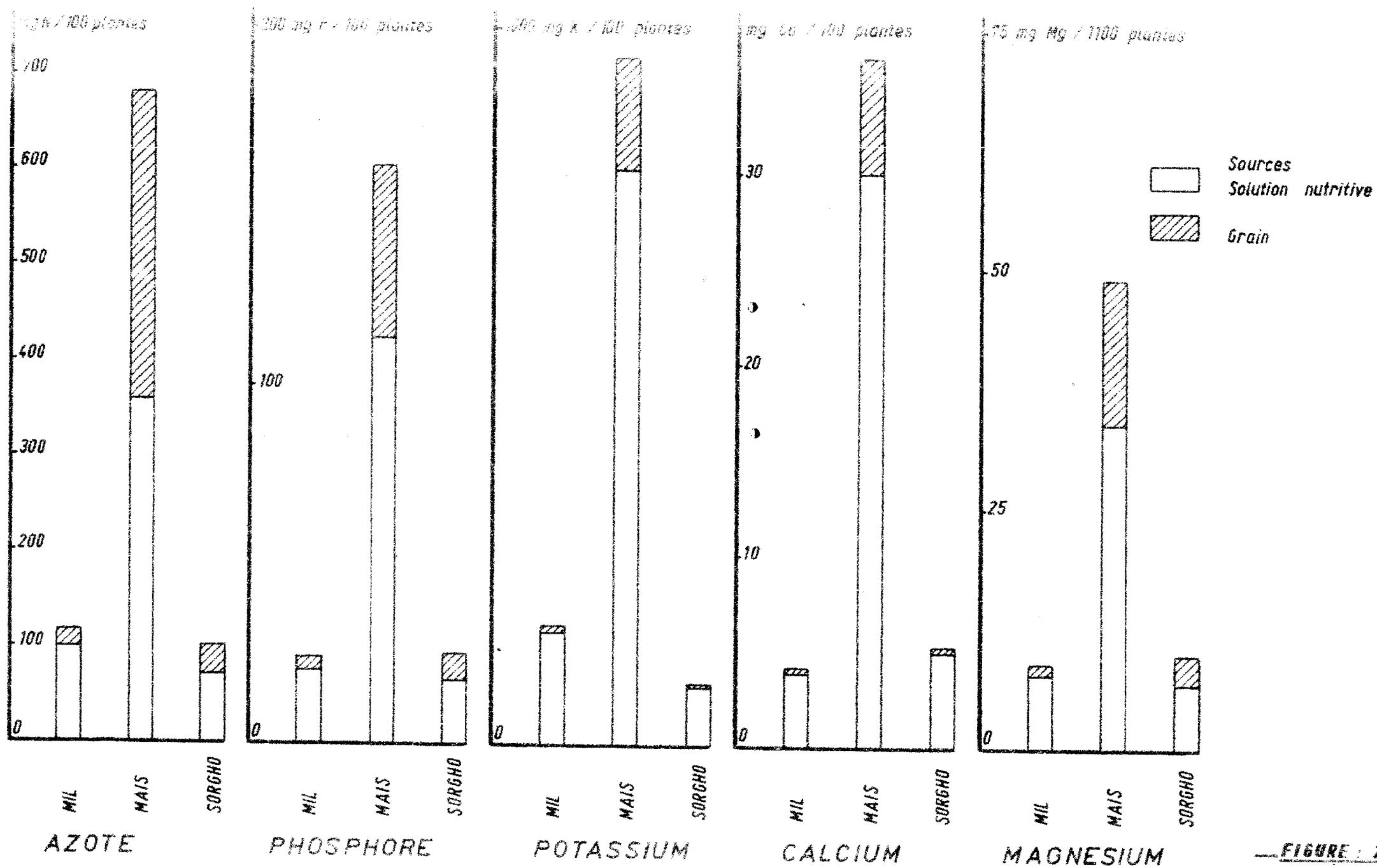


FIGURE : 1

COMPARAISON DES CROISSANCES LINEAIRES
 DES MIL, MAIS ET SORGHO AU COURS
 DES DEUX PREMIERES SEMAINES DE VEGETATION



AZOTE

PHOSPHORE

POTASSIUM

CALCIUM

MAGNESIUM

FIGURE 2

CONSUMMATION MINERALE DES PLANTULES PENDANT LES DIX PREMIERS JOURS

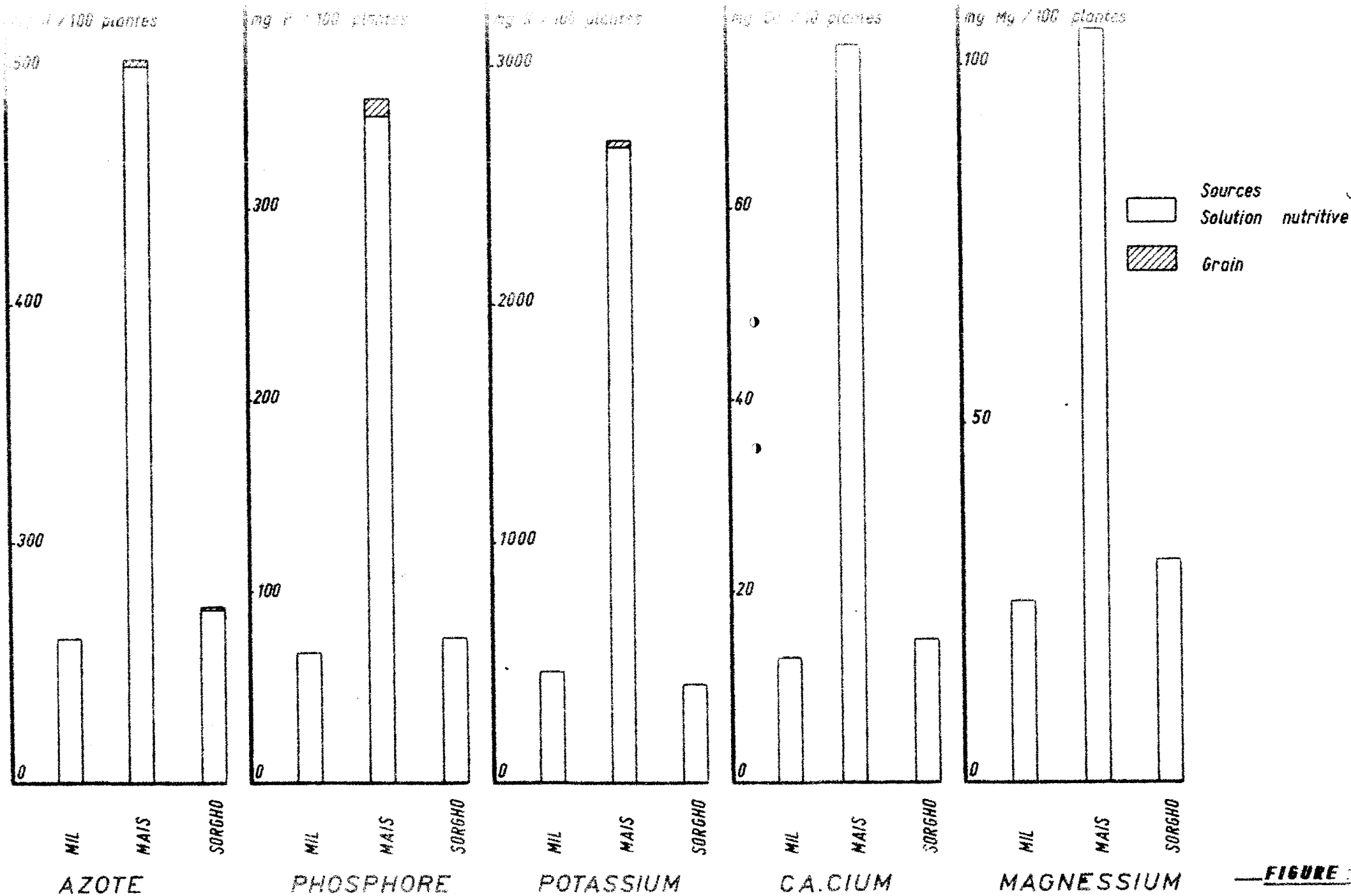


FIGURE 3.

CONSUMMATION MINERALE DES PLANTULES ENTRE LE 10^e ET LE 15^e JOUR