

EN0100324
FG12
SIB

11.23.

1978/19 Doc

REPUBLIQUE DU SENEGAL
PRIMATURE

DELEGATION GENERALE
A LA RE: CHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE

EVOLUTION DU SYSTEME GRAIN-PLANTULE CHEZ LE MIL

(Pennisetum typhoides)

AU COURS DE L'EPUISEMENT DU GRAIN

1 - Evolution pondérale

P. SIBAND

Ingénieur de recherche IRAT
détaché à l'ISRA

avec la collaboration technique de

1. DIEYE et B. C. FAYE

C.N.R.A. - BAMBÉY - S.D.I.	
Date	10-04-78
Numéro	030301
Mois Bulletin	
Destinataire	SR/Doc

Février 1978

Centre National de Recherches Agronomiques
de Bambey

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

R E S U M E

L'évolution pondérale des grains et plantules de mil est étudiée au cours des premiers jours de végétation. Les variations de poids sont ajustées à des fonctions mathématiques dont la signification est discutée. Cette évolution est comparée pour 3 matériels de poids de grains différents.

On a pu voir que la vitesse d'évolution du grain cesse de façon exponentielle, et, si elle est initialement plus forte pour les grains les plus gros, elle peut être considérée comme achevée dans tous les cas à 6 ou 7 jours.

De même les poids de parties aériennes et racines sont d'autant plus grands que les poids de grain étaient plus gros. Cependant, la vitesse de croissance aérienne dépend de moins en moins des conditions initiales à mesure que le temps s'écoule.

Ces différents résultats doivent permettre de raisonner des interventions (démariage) ou d'analyser la vigueur des plantules.

1 - INTRODUCTION

Dans une expérience précédente (SIEJAND, 1978), on a comparé trois céréales au cours du début de leur cycle. On se propose d'analyser plus en détail la phase d'installation du mil. Dans un premier temps seront examinées les cinétiques de croissance des plantules et de régression des grains et leur variabilité en fonction de la grosseur de la semence.

2 - MATERIEL ET METHODE

Les conditions générales de culture sont les mêmes que précédemment. Deux expérimentations principales ont été conduites. Dans la première, on suit la croissance d'un mil synthétique GAM de Bambey en prélevant tous les jours des plantules prises au hasard dans une série de vases. Les grains, parties aériennes et racines sont échantillonnés séparément, séchés à l'étuve et pesés.

La seconde expérience consiste en la comparaison de trois lots de grains de dimension différente: 0,54; 0,79 et 0,92g pour 100 grains. L'échantillonnage est fait dans des conditions identiques.

Les mesures sont faites du 3^e au 7^e jour après arrosage des grains. Afin d'éviter les fluctuations, les récoltes sont commencées à la même heure, et effectuées le plus rapidement possible.

3 - RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1- Lois de variations des poids avec le temps

Il conviendra d'appeler :

Poids de grain MG

Poids de parties aériennes MF

Poids de racines MR

Poids du système entier MS

$$MS = MG + MF + MR$$

Les résultats de la première expérience sont portés sur la figure 1, ainsi que les ajustements mathématiques correspondants.

Le poids de grain (fig.1A) régresse en tendant asymptotiquement vers une valeur d'environ 120 mg pour 100 grains. On a pu ajuster cette évolution à une fonction exponentielle en passant en logarithmes:

$$\ln (MG - 120) = mt + k$$

et en calculant la régression linéaire correspondante.

La poids de partie aérienne (fig. 1B) suit également une loi exponentielle. Sa tendance asymptotique n'est cependant pas apparente dans l'intervalle de mesure, et l'ajustement, selon la même démarche que précédemment, a dû se faire par encadrement successifs, en faisant varier la valeur de la constante K à retrancher à M_F dans l'expression logarithmique. La valeur de cette constante retenue est celle qui correspond au meilleur coefficient de corrélation (r) entre $\ln(MF-K)$ et t. L'expérience montre que K optimum peut être déterminé en 4 essais qui permettent de tracer la relation graphique entre r et K.

Enfin, le poids de racines (fig. 1C) évolue de façon linéaire. Le poids de l'ensemble du système diminue d'abord, jusqu'au 4e jour, moment où la photosynthèse est suffisante pour que la croissance de la plantule équilibre les pertes du grain. L'ensemble retrouve sa valeur initiale avant le 6e jour.

32- Variations en fonction du poids initial de grain

Sur la figure 2, on compare l'évolution de ces trois données pour les trois cas étudiés dans la seconde expérience.

Les poids de grains moyens et gros tendent vers des limites très voisines, alors que la limite des poids de petits grains est beaucoup plus basse. Les croissances aériennes et racinaires sont dans la hiérarchie des poids initiaux de grains.

Les ajustements à des lois mathématiques simples peuvent se faire dans tous les cas comme précédemment.

En définitive, pour l'intervalle d'étude (du 3e au 7s jour de végétation), nous observons toujours trois lois de variation de types :

$$\text{Grains} \quad MG = a_1 e^{b_1 t} + c_1 \quad (1)$$

$$\text{Parties aériennes} \quad MF = a_2 e^{b_2 t} + c_2 \quad (2)$$

$$\text{Racine} \quad MR = a_3 t + b_3 \quad (3)$$

33- Signification des lois de variation et de leurs paramètres

331. Grain

Le poids de grain tend vers une limite c_1 . Cette limite peut être identifiée à la partie non physiologiquement dégradable (péricarpe,

parois cellulaires). On peut donc s'attendre à ce que c_1 varie avec MG initial. Ceci est à peu près vérifié ici, les poids résiduels des grains moyens et gros n'étant toutefois pas différents. Par opposition, le reste du grain serait constitué des réserves (parties dégradables). On peut ainsi analyser le poids de grain en

$$MG = D + S$$

Partie dégradable $D = a_1 e^{b_1 t}$

Partie stable $S = c_1$

Ceci permet d'isoler dans l'évolution du grain la seule partie qui en est responsable, les réserves. On voit que :

$$\frac{dD}{Dt} = b_1$$

b_1 est la vitesse de dégradation de l'unité de masse de grain, qui est par conséquent une constante. Elle représenterait l'ensemble de l'activité enzymatique d'hydrolyse dans le grain,

L'extrapolation du poids du grain à $t=0$ au moyen de cette loi nous donne des valeurs toujours très supérieures aux poids initiaux des grains entiers. Ceci met en évidence que la dégradation suivant une allure exponentielle ne correspond pas à la première phase de l'évolution du grain. Ceci est normal puisque, à partir de l'arrosage, il faut compter le temps d'imbibition (6 à 18 heures d'après les mesures faites par ailleurs), et le temps de synthèse de certaines enzymes (phosphorylases, amylases, protéases, TISSAOUI, 1975), avant que ne s'installe une vitesse régulière de dégradation.

Cette cinétique régulière laisse supposer que la dégradation affecte un territoire également accessible à l'hydrolyse. Or, on sait que les réserves du grain comportent deux fractions importantes, de natures différentes (amylacées et protéiques). L'ajustement à une courbe régulière implique donc que deux fractions ont des vitesses d'altération liées, ou que, au degré de précision de nos mesures, la seconde est négligeable devant la première.

De même, la régularité suppose que les variations de conditions de milieu, non entièrement contrôlées, n'ont pas affecté sensiblement le coefficient b_1 . Nous avons pu constater par ailleurs que la vitesse de dégradation est modifiée par l'éclaircissement, le potentiel hydrique de la solution, l'équilibre minéral. D'une façon générale, les facteurs perturbant de la croissance de la plantule semblent retarder la dégradation des réserves.

Enfin, le mode des mesures effectuées (à heures fixes) ne permet pas de préjuger non plus des fluctuations autour de la tendance dégagée, au cours de la journée.

Un peut remarquer par ailleurs que dans la seconde expérience, où les conditions de milieu sont comparables, les vitesses de dégradations sont proportionnelles au poids de semence. Sans qu'il soit possible de généraliser à partir de trois exemples, notons que ceci peut s'expliquer par la demande de la plantule (dont la vitesse de croissance s'élève avec la taille du grain) ou par la présence d'une quantité plus grande d'enzyme dans les grains les plus gros.

Le coefficient a_1 est d'interprétation plus délicate. On peut remarquer qu'il est fonction de l'origine des temps. En effet, si on déplace cette origine (initialement choisie au moment de l'arrosage des grains) d'un intervalle d , le temps s'exprimera par :

$$t' = t - d$$

et la masse du grain :

$$MG = a_1 e^{b_1(t'+d)} + c_1$$

$$MG = a'_1 e^{b_1 t'} + c_1$$

On voit que a_1 est devenu $a'_1 = e^{b_1 d} a_1$

Une modification analogue à un déplacement d'origine des temps intervient si le temps de germination varie. Ceci revient à dire que a_1 est une fonction croissante du temps de germination. Comme par ailleurs a_1 semble lié au poids de grain, cela signifierait que le temps de germination croît avec le poids de grain. Ceci serait cohérent avec des observations que nous avons faites par ailleurs, et avec le fait que la surface spécifique du grain décroît comme le grain croît, diminuant la vitesse d'imbibition à perméabilité égale du péricarpe..

332. Parties aériennes

La croissance exponentielle (équation (2)) des parties aériennes est fréquente pour les stades précoces des plantes supérieures (RICHARDS, 1969, STEBBINS, 1976). Elle peut s'expliquer par le fait que la croissance affecte l'ensemble ou une fraction à peu près constante de l'ensemble des tissus. Toutefois, l'existence d'une constante négative c_2 ne nous permet pas une interprétation physiologique rigoureuse.

Le paramètre **a2** pourrait traduire le **délais d'installation** de la croissance exponentielle, avec un rôle voisin de celui du paramètre **a1** de l'équation (1). Mais les liaisons entre paramètres sont différentes. Ici, ce sont les coefficients **a2** et **c2** qui sont liés.

Nous interprétons ces termes **a2** et **c2** comme traduisant un état initial, dont l'influence sur la vitesse de croissance va en s'atténuant, alors que le terme **b2** devient prédominant. En effet, la croissance relative (CR) s'exprime par :

$$\frac{dMF}{MFdt} = \frac{a_1 b_1 e^{b_1 t}}{a_1 e^{b_1 t} + c_1}$$

lorsque **t** croît **MF** devient grand devant **c1** et on voit que $\frac{dMF}{MFdt}$ tend vers **b1**, qui peut être considéré comme une valeur par excès de la croissance relative. C'est donc ce dernier terme qui définirait les caractéristiques de croissance de la plantule. On remarque qu'il n'y a aucune raison pour qu'il soit lié au poids du grain.

333. Racines

La croissance linéaire serait une approximation assez classique pour les racines (RICHARDS, 1969). Elle tiendrait à sa localisation à une zone cellulaire de dimension constante dans la partie subapicale. La vitesse de croissance (**a3**) dépendrait alors de l'activité de multiplication et de l'importance de cette zone cellulaire. En particulier, elle peut être liée à la grosseur du grain (importance des réserves et dimension des assises cellulaires initiales). Le coefficient **b3** rendrait compte du délai de départ de la croissance linéaire de la racine. Diverses observations nous ont montré que la croissance racinaire s'accélérait vers 6-7 jours, coïncidant avec l'apparition des racines nodales.

34- Analyse des variations instantanées

L'ajustement des variations de poids à des lois mathématiques nous permet de tenter d'analyser les variations instantanées par dérivation des fonctions ajustées.

Pour l'expérience n°1, on construit ainsi les graphiques de la figure 3.

La figure 3A montre que très rapidement la variation du système s'ajuste à celle de la plantule, à mesure que la décroissance du poids du grain tend vers zéro. Cette variation du système s'annule au 4^e jour, qui est le point de poids le plus bas.

La figure.38 suit le rapport des gains de poids des plantules aux pertes de poids des grains. Le numérateur est une sous-estimation de l'utilisation de substances carbonées par la plante, puisqu'il ne prend

pas en compte la part respirée. Le dénominateur surestime la fourniture carbonée par le grain à la plantule, puisque, de même, une part de la perte du grain est utilisée à ce niveau pour les besoins énergétiques. Le rapport permet donc une appréciation par défaut de la part de la photosynthèse dans l'alimentation carbonée de la plantule. Ainsi, dès le 6^e jour, la plantule consomme plus de 5 fois ce que le grain peut lui fournir, et la photosynthèse excède les 80% de la nutrition carbonée de la plantule. Cette mesure met en évidence le rôle rapidement négligeable du grain dans la croissance pondérale.

La figure 4 compare les trois matériels de l'expérience n°2. La perte journalière de matière sèche par le grain (fig. 4A) est très variable initialement et fonction de la grosseur du grain. Mais elle regresse aussi d'autant plus vite que le grain est plus gros (en rapport avec la variation du terme b_1 de l'équation (1)) de sorte qu'elle est pratiquement nulle dans les trois cas à 6 jours.

Ce résultat est différent de qui est observé dans la comparaison d'espèces différentes, où la perte de matière sèche par le grain semble se prolonger selon l'ordre croissant de tailles de grain (STEBBINS, 1976; SIBANO, 1976).

De toute façon, la figure 4B montre que la part de la photosynthèse est essentielle dès les premiers jours.

Les vitesses de croissance aérienne (fig. 4A, haut), se classent également, au début, comme les poids initiaux de grains. Cependant, la vitesse de croissance des plantules-grains moyens rejoint dès le 7^e jour celle des plantules-gros grains; ceci résulte de l'importance croissante du terme b_2 de l'équation (2) et peut rendre compte des faits observés par de nombreux auteurs (STEBBINS, 1976, MAITI, 1977 et autres auteurs cités par ce dernier), selon lesquels la liaison poids de plantule \times poids de grain devient de plus en plus lâche dans le temps.

4 - CONCLUSION

En suivant l'évolution pondérale du système grain-plantule, on a pu voir que le grain libère ses réserves à une vitesse constamment décroissante, alors que la plantule consomme des matières carbonées à une vitesse qui va s'accroissant. Ceci montre une relative indépendance des deux cinétiques, de sorte que la cinétique d'épuisement du grain semble peu répondre au besoin de la plantule. En fait, on a pu calculer que cette vitesse de dégradation des réserves du grain était fonction de la quantité restant à dégrader. On peut donc considérer comme une réaction biochimique dont la

vitesse dépend de la quantité de substrat et de l'activité enzymatique possible. Ceci rendrait bien compte d'une dégradation plus rapide en conditions de culture plus favorables, puisque l'activité enzymatique doit s'en trouver accrue.

D'autre part, la photosynthèse intervient tôt dans la croissance de la plantule, et la part de cette source carbonée devient vite prépondérante. La comparaison de matériels différents suggère que la dépendance de la plantule vis-à-vis de la photosynthèse est toujours totale des 6 à 7 jours, c'est-à-dire au moment de l'apparition des racines nodales.

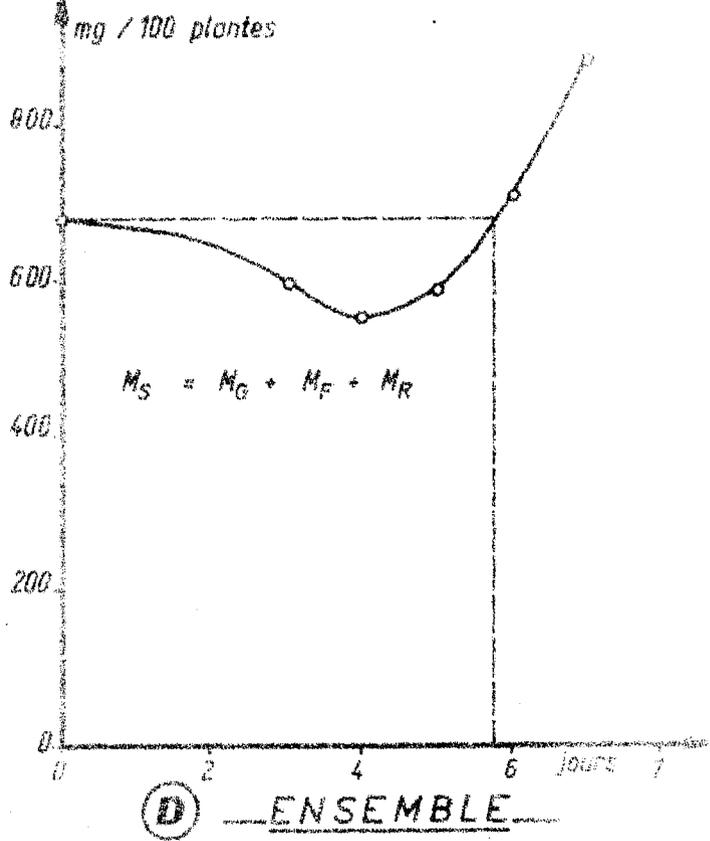
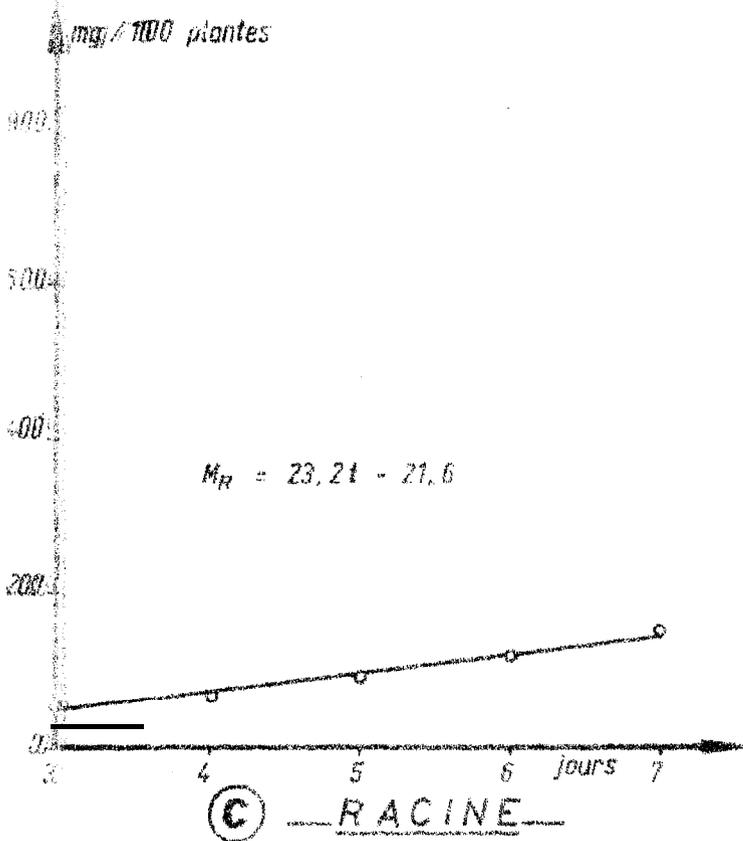
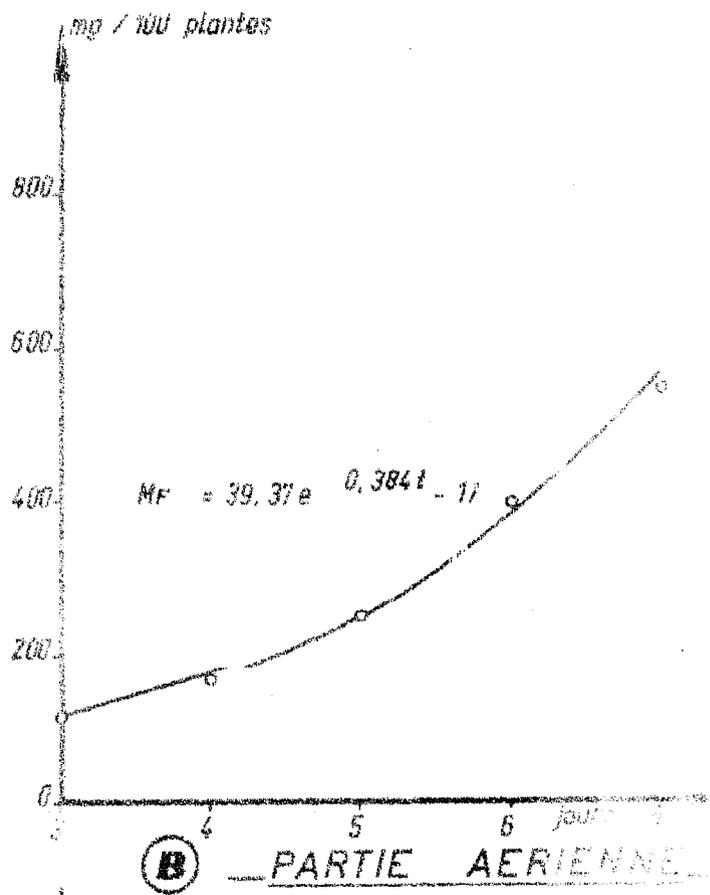
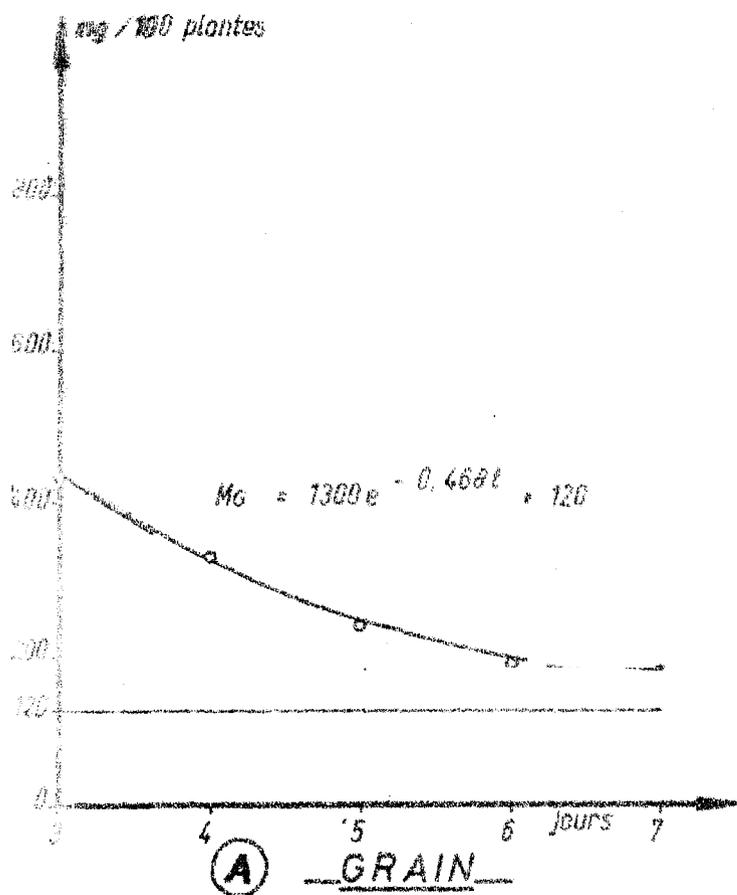
Ce stade se caractérise donc par une autonomie quasi complète de la plantule pour la source de carbone grain et un relais possible sur le plan minéral et hydrique des racines nodales sur les racines séminales. La plantule dépend donc peu du grain et de la racine séminale, et l'importance du mésocotyle décroît fortement. On peut penser que c'est un moment favorable au démarrage du mil, toujours susceptible de léser cet entrenœud. Par ailleurs, les racines nodales ayant encore peu d'extension, les risques d'enchevêtrement entre systèmes racinaires, donc les risques de cassure des racines, sont encore faibles.

La rapide autonomie du mil, liée à la très faible masse des réserves du grain, nous paraît ainsi liée à son aptitude à germer vite.

L'analyse de la croissance des plantules montre qu'au début celle-ci est liée à la grosseur initiale du grain. Mais le terme de vitesse de croissance, qui est essentiel et non lié dans nos exemples au poids du grain, devient vite prépondérant. Ceci peut expliquer la diminution dans le temps de la liaison initiale constatée.

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

- MAITI R.K., 1977. Some preliminary studies on seedling vigour and seedling emergence in pearl millet - ICRISAT. International. Pearl millet workshop 1977
- RICHARDS F.J., 1969. The quantitative analysis of growth in F.C. STEWARD, Plant Physiology, a treatise Vol VA Academic Press.
- SIBAND P., 1978. Nutrition minérale des plantules de Mil, Maïs, et Sorgho au cours des premiers jours de végétation. Doc. multig. CNRA Bambo
- STEBBINS G.L., 1976. Seed and Seedling ecology in annual legumes.
1 A comparison of seed size and seedling development in some species
Oecol. plant. 11 (4) 321-331.
- TISSADUI T., 1975. Le métabolisme énergétique des semences au cours de la germination.
in Chaussat et le Deunff. La germination des semences.
Bordas.



Figures n° 1

EVOLUTION DANS LE TEMPS DES POIDS DES DIFFERENTES PARTIES DU SYSTEME GRAIN - PLANTULE

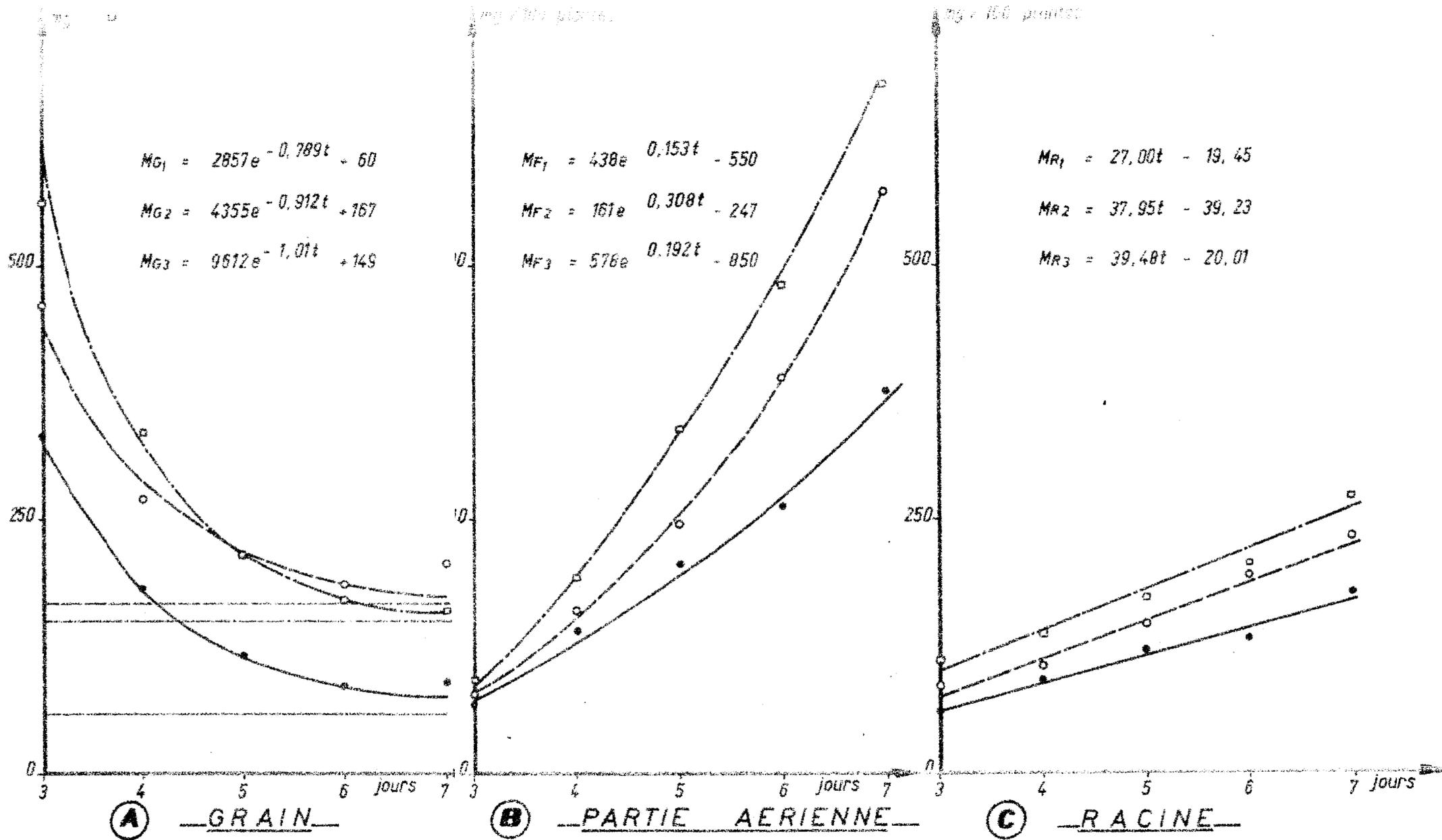


Figure n° 2. EVOLUTION DANS LE TEMPS DES POIDS DES DIFFERENTES PARTIES DU SYSTEME GRAIN - PLANTULE

LEGENDE
 ———— Petits grains
 - - - - - Grains moyens
 Gros grains

EXPERIENCE N° 2

- M poids (en mg)
- t temps (en jours)
- F partie aérienne
- R racine
- G grain
- S système grain - plantule

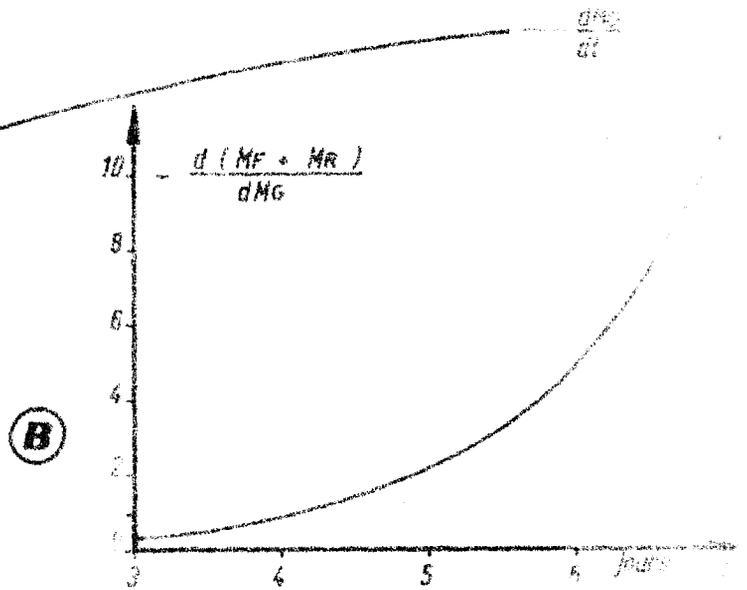
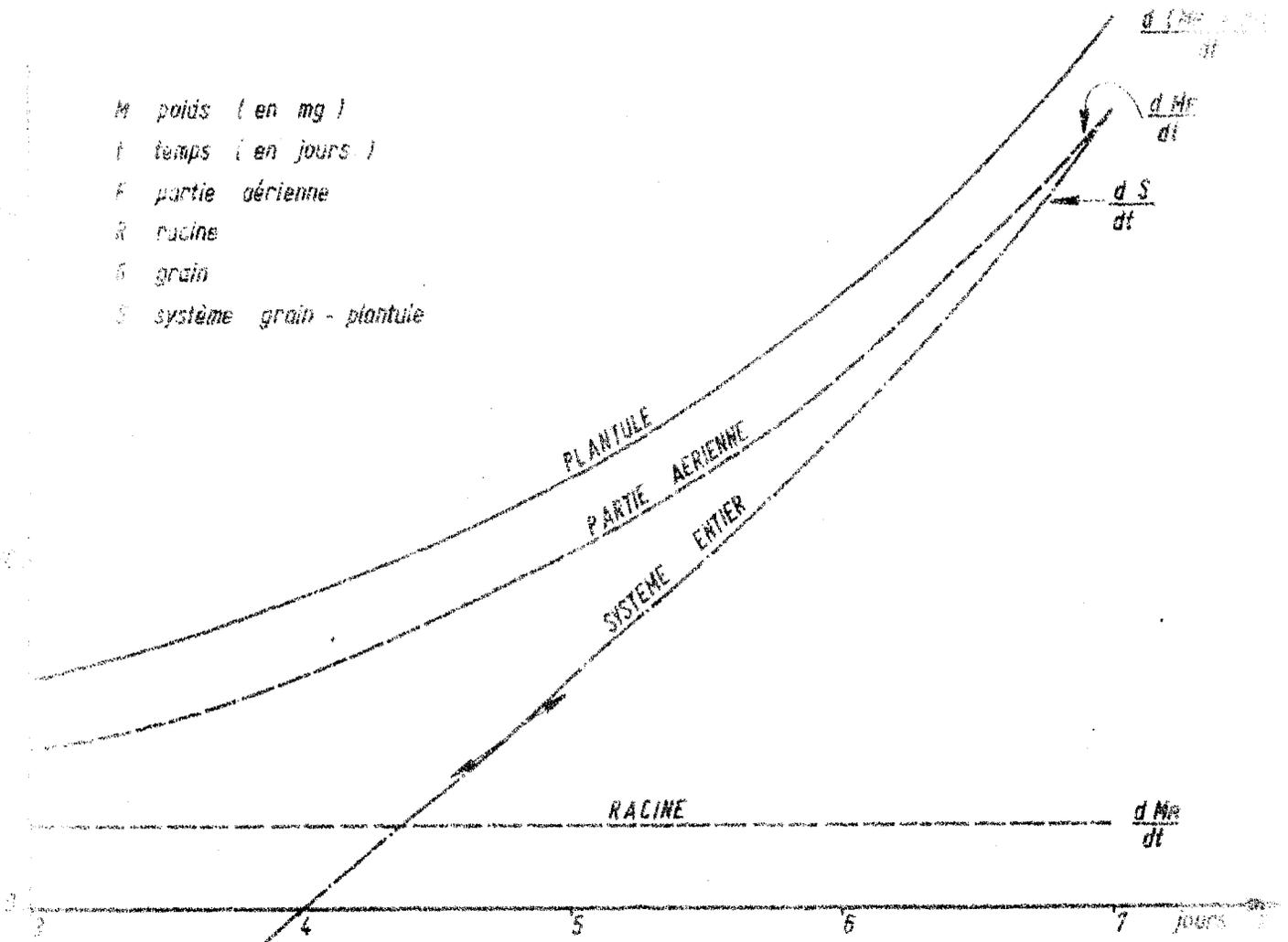
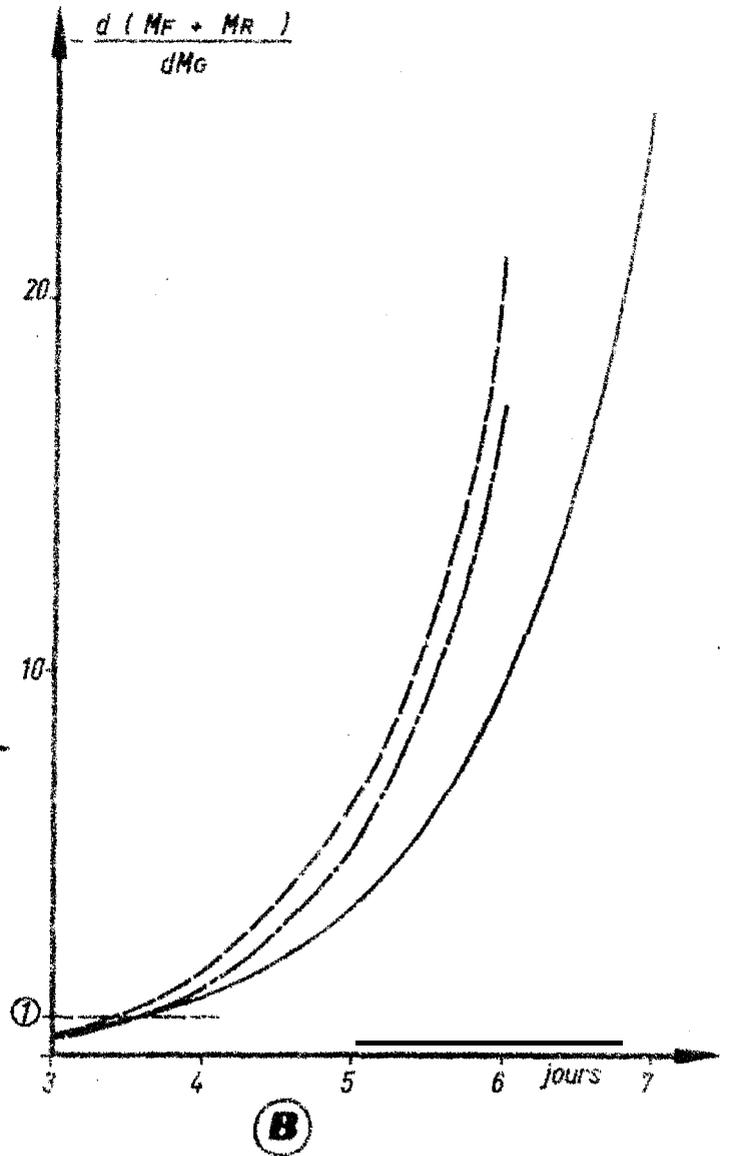
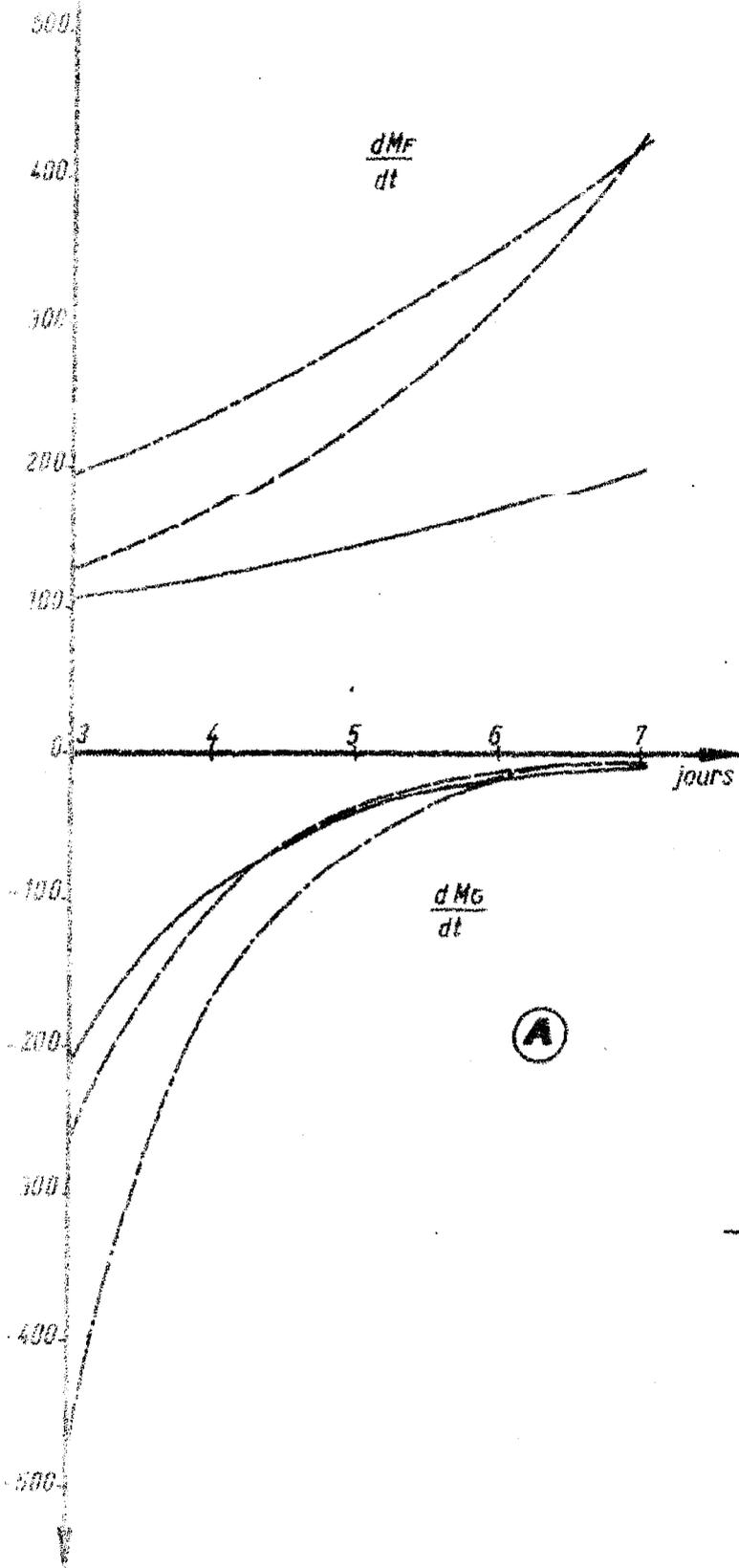


Figure n° 3 (A)
VARIATIONS INSTANTANÉES DES
POIDS DES PARTIES DU
SYSTÈME GRAIN - PLANTULE

RAPPORT DES GAINS DE
POIDS DES PLANTULES AUX
PERTES DE POIDS DES
GRAINS

1000 plantes / jours



RAPPORT DES GRAINS DE
POIDS DES PLANTULES AUX
PERTES DE POIDS DE
GRAINS

LEGENDE

- _____ Petits grains 0.54 g / 100 grains
- Grains moyens 0.79 g / 100 grains
- Gros grains 0.92 g / 100 grains

Figure n° 4

VARIATIONS INSTANTANÉES
DES POIDS DES PARTIES
AÉRIENNES ET DES GRAINS

EXPERIENCE N° 2