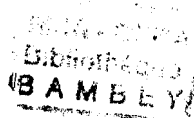


CN 0100283
F016
SIB

REPUBLIQUE DU SENEGAL
PRIMATURE



1977/1118
DELEGATION GENERALE
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE

SYSTEME DE CULTURE HYDROPONIQUE
POUR DES ETUDES DE PLANTULES
DE CEREALES

Note Technique

P . SIBAND
Ingénieur de recherche IRAT
Détaché à l'ISRA

Décembre 1977

Centre National de Recherches Agronomiques
de Bamboey

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES
(1. S. A. A)

R E S U M E

On se propose de mettre au point un dispositif de culture hydroponique permettant des études de début de cycle de céréale. Pour cela on se pose un certain nombre de conditions à satisfaire: matériel simple de montage et d'utilisation, milieu de culture suffisamment constant. On bâtit à partir des conditions de simplicité un dispositif que l'on met au point en raisonnant les conditions de constance du milieu à partir de différents paramètres: Volume du vase, fréquence de renouvellement des solutions, nombre de plantules par vase. Un exemple est traité.

1 - 1 INTRODUCTION

Pour étudier la croissance et l'alimentation minérale du mil au cours des premiers jours de végétation, on a été amené à mettre au point en 1974 un système de culture hydroponique qui réponde aux contraintes de nos conditions de travail et de l'objet d'étude.

Les principales contraintes retenues sont les suivantes :

- La simplicité : les vases doivent être de faible volume, sans nécessité d'aération, la fréquence de renouvellement des solutions doit être minimale ; les conditions de germination ne doivent pas nécessiter un repiquage, qui, en outre, pourrait perturber le comportement des plantules durant la phase étudiée.
- La constance : le milieu de culture ne doit pas évoluer trop fortement au cours de l'expérimentation (concentration, volume de la solution) et le nombre de plantules doit être suffisant pour intégrer l'hétérogénéité de la population végétale, et, bien sûr, pour permettre un échantillonnage et des mesures précis (matière sèche, analyses).

2 - DESCRIPTION D'UN DISPOSITIF (figure n° 1)

Le dispositif se compose d'un vase et d'un tamis. Le vase est constitué d'un tube en PVC soudé sur une plaque de même matière. Il contient la solution dont la hauteur ne doit pas excéder 5 cm, afin de permettre la réoxygénation du milieu racinaire par simple dissolution de l'air à la surface de contact.

Le tamis est une toile moustiquaire tendue entre deux anneaux concentriques découpés dans le même tube que le vase ; l'anneau interne, fendu, est rentre à force et maintient la toile en faisant ressort. La maille de la toile doit permettre le passage des racines. Le mil est semé en poquets dans le tamis, sur un lit de quartz, et recouvert de quartz, afin de rester dans une ambiance suffisamment humide après arrosage. Le quartz peut être remplacé par d'autres supports.

La germination, conduite au laboratoire, est amorcée par l'arrosage simultané de tous les tamis à la pissette. L'excédent d'eau percole dans la solution du vase. On arrose deux fois par jour jusqu'à ce que les racines, traversant le tamis, aient atteint la solution. Par la suite, le support, non arrosé, est sec et indemne de moisissures. Le milieu de culture, maintenu à l'obscurité, n'est pas envahi par les algues.

3 - MISE AU POINT

On se fixe un seuil de variation du milieu 5 %. Ainsi, pour $S = 20\%$, l'évapotranspiration ne doit pas excéder 1 cm, et les concentrations des principaux éléments ne doivent pas varier de plus d'un cinquième de leur valeur initiale. On veut définir les paramètres d'expérimentation.

31- Expression des contraintes

311. Contrainte de niveau de solution

Entre les temps t_0 et t_1 , le volume de solution passe de V_0 à V_1 . La condition est que :

$$\left| \frac{\Delta V}{V} \right| = \left| \frac{V_1 - V_0}{V_0} \right| \leq s \%$$

Si n est le nombre de plantules par vase

P_e le prélèvement d'eau par plantule

E l'évaporation directe

$$\Delta V = -(nP_e + E)$$

$$\left| \frac{\Delta V}{V} \right| = \frac{nP_e + E}{V_0} \quad (1)$$

312. Contrainte minérale

Pour le soluté s , entre t_0 et t_1 , le contenu du vase on s passe de m_0 à m_1 , la concentration en s passe de C_0 à C_1 et, si le prélèvement d'une plantule en s est P_s , on a :

$$m_1 = C_0 V_0 - nP_s$$

$$\text{et } V_1 = V_0 - nP_e - E$$

soit

$$C_1 = \frac{m_1}{V_1} = \frac{C_0 V_0 - nP_s}{V_0 - nP_e - E} \quad (2)$$

et

$$\left| \frac{\Delta C}{C} \right| = \frac{nP_s - C_0 V_0}{C_0 (nP_e + E - V_0)} \quad (3)$$

la condition est : $\left| \frac{\Delta C}{C} \right| \leq s \%$

L'équation (1) indique que la variation relative du niveau de solution est fonction de quatre paramètres. De même, la variation relative de la concentration en soluté s est fonction de six paramètres : équation (3).

32- Démarche

Tous les paramètres considérés ne peuvent pas être contrôlés totalement ou indépendamment.

Par exemple, l'évaporation E dépend de conditions ambiantes (non entièrement contrôlées en serre) et de l'énergie interceptée par le vase, c'est-à-dire en particulier de sa surface, donc de V_0 , si la hauteur est choisie. Le tableau suivant récapitule les principaux facteurs qui peuvent faire varier chaque paramètre :

<u>Paramètres</u>	<u>Siqles</u>	<u>Facteurs de variation</u>
Volume du vase	vo	Choisi
Concentration du soluté	CO	Choisie
Nombre de plantulos par vase	n	Choisi
Evaporation par vase	E	Vo, conditions ambiantes, temps
Prélèvement d'eau par 1 plantule	Pe	Taille de la plantule conditions ambiantes, temps
Prélèvement de soluté "	PS	Co, équilibre de la solution, taille de la plantule Conditions ambiantes, temps.

D'autres facteurs de variation ont été négligés, comme la liaison entre n et E, Pe et Ps. Si l'on admet cette approximation, on constate que trois paramètres seulement peuvent être choisis directement, et qu'une fois ce choix fait, les trois autres peuvent être indirectement modifiés par les conditions d'ambiance et le facteur temps (fréquence de renouvellement de la solution).

La concentration et les conditions d'ambiance, lorsqu'elles sont contrôlables, dépendent directement des impératifs d'expérimentation, de sorte qu'il nous reste une latitude de choix sur:

- 1)- Le volume de la solution, que, pour des raisons d'encombrement, on choisira le plus petit possible.
- 2)- La fréquence de renouvellement.
- 3)- Le nombre de plantules par vase, qui doit être compatible avec les nécessités d'échantillonnage et l'intégration de la variation individuelle dans l'échantillon.

En définitive, nous avons un système à trois degrés de libertés, et pouvons jouer sur quatre variables: Volume Vo, temps entre deux renouvellement Δt , nombre de plantules n et seuil de variation acceptée S% ces quatre variables étant liées par une inéquation.

La démarche consiste donc à en choisir trois et à vérifier si la quatrième ainsi fixée est compatible avec les impératifs d'expérimentation.

4 - EXEMPLE

41 - Paramètres déterminés par l'expérimentation

Les concentrations initiales en N, P et K sont, dans les conditions d'expérience :

Azote $C_N = 5 \text{ méq} \times \text{l}^{-1}$ de NO_3^-
 Phosphore $C_P = 1 \text{ méq} \times \text{l}^{-1}$ de $\text{H}_2 \text{PO}_4^-$
 Potassium $C_K = 2 \text{ méq} \times \text{l}^{-1}$ de K^+

42- Paramètres choisis

- Un vase de 500 ml $vo = 0,5 \text{ l}$
- Un renouvellement quotidien
- Une variation acceptable de 20 % $S = 20 \text{ \%}$.

43- Paramètres mesurés

Dans nos conditions d'expérimentation, une culture d'environ 40 Plantes par vase a absorbé durant le neuvième jour de végétation (mesure par différence de contenu après huit jours et après neuf jours) :

$$\begin{aligned} P_e &= 1,35 \times 10^{-3} \text{ l.} \times \text{plante}^{-1} \times \text{jour}^{-1} \\ \text{Azote} &= P_N = 1,44 \times 10^{-2} \text{ mg} \times \text{plante}^{-1} \times \text{jour}^{-1} \\ \text{Phosphore} &P_p = 8 \times 10^{-4} \quad " \quad " \quad " \\ \text{Potassium} &= P_K = 7,2 \times 10^{-3} \quad " \quad " \quad " \end{aligned}$$

Enfin, l'évaporation est :

$$E = 3,3 \times 10^{-2} \text{ l.} \times \text{vase}^{-1} \times \text{jour}^{-1}$$

44- Détermination de n

Les paramètres Permettent de calculer $\frac{\Delta V}{V}$ et $\frac{\Delta C}{C}$ en fonction de n, fonctions respectivement linéaire et homographique, d'après les équations (1) et (3).

On a reporté les données ainsi calculées sur le graphique de la figure 2.

- En absence de plante, seule l'évaporation fait évoluer le système. Le volume (donc la hauteur) de solution baisse de 6,6%, les concentrations se sont élevées en conséquence.

- En présence de plante, l'évolution de la concentration dépend des vitesses comparées d'absorption de l'eau et de l'élément. Le phosphore, moins vite absorbe que l'eau dans ces conditions tend à se concentrer. Au contraire, l'azote et le potassium, plus intensément absorbés, voient leur concentration baisser dans la solution.

Si l'on ne veut pas dépasser le seuil de variation K de 20%, par exemple, il ne faudra pas, au 9^e jour, de densité de population excédant 50 plantules par vase, seuil au-delà duquel le volume de solution et la concentration en potassium s'écarteront trop de l'état initial.

Remarque : Pour un seuil plus sévère, c'est la consommation d'eau qui sera déterminante, pour un seuil moins contraignant, c'est la concentration en potassium qui atteindra la première le seuil.

45- Compatibilité

Le nombre de 50 plantules correspond à un échantillon suffisant pour éliminer l'hétérogénéité individuelle. La matière sèche recueillie pour 50 plantules au bout de 9 jours est, dans notre exemple, de :

876 mg pour les parties aériennes
213 mg pour les racines
60 mg pour les grains,

L'échantillon d'un vase est suffisant pour constituer une répétition si l'on fait une étude de croissance pondérale, il est insuffisant pour une étude de mobilisation poursuivie jusqu'à 9 jours, qui nécessite pour analyse davantage de matière sèche.

Remarque: en dehors du jeu possible sur les paramètres contrôlables, on peut tourner la difficulté en constituant une répétition de plusieurs vases.

5 - CONCLUSION

Le dispositif de culture mis au point tente de concilier un certain nombre d'exigences contraires, en s'appuyant sur une démarche systématique. Pour la plupart des études que nous avons eu à faire sur le début de cycle du mil en milieu contrôlé, l'utilisation de vases de 500ml paraissait satisfaisante, avec un renouvellement quotidien ou après deux ou trois jours pour le premier apport.

Figure 1

Le schéma montre le mode de montage des tamis et un 8^{ème} coups du dispositif en cours de culture.

1. On découpe 3 anneaux dans le même tube :

- La paroi du vase (6-7 cm de haut) qui est soudée sur une plaque
- L'anneau externe (environ 1 cm)
- L'anneau interne (environ 1,5 cm) dont on découpe une partie de circonférence (environ 1 cm). Dépassant de l'anneau externe après montage, il permet au tamis de s'encastrer légèrement dans le vase.

2. On pose un carré de toile moustiquaire en synthétique, largement dimensionné, sur l'anneau externe.

- L'anneau interne, resserré, est posé sur la toile et rentré à force jusqu'au fond de l'anneau externe.

- Le tamis est alors retourné, et l'anneau externe glissé par percussion jusqu'à la partie supérieure du tamis.

- La bordure de la toile est ajustée au ras du PVC par découpage.

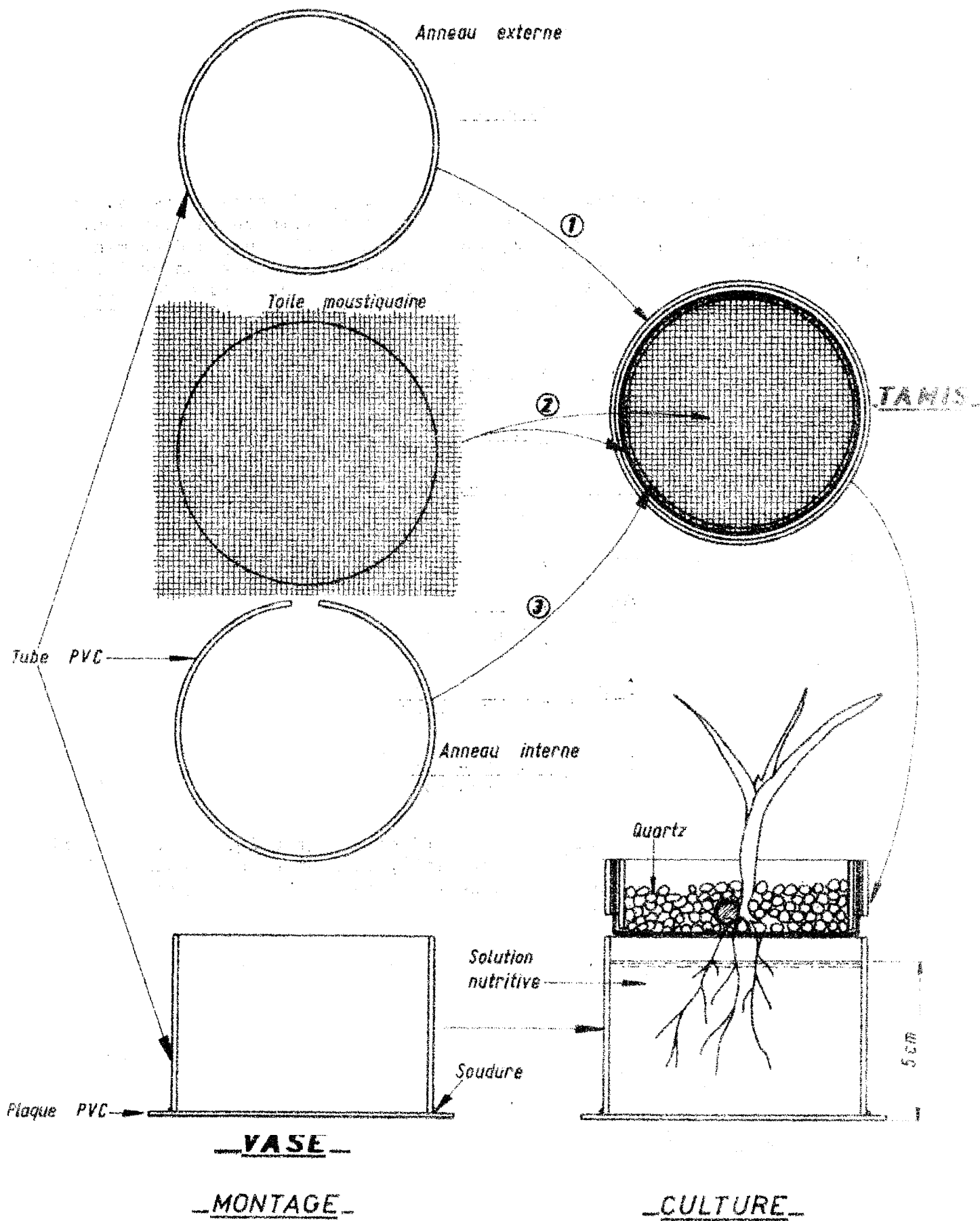


FIGURE : 1

SCHEMA DU DISPOSITIF DE CULTURE

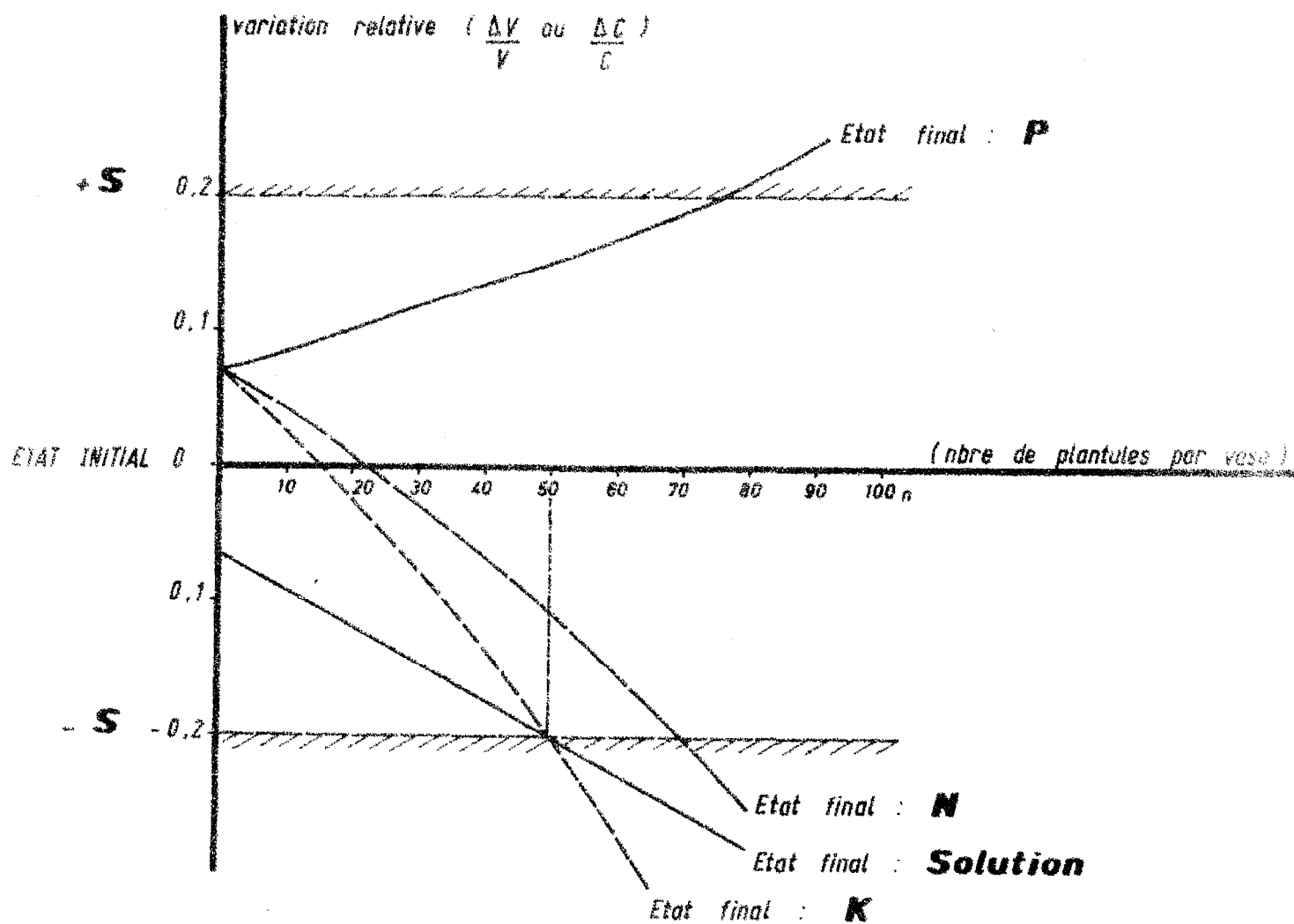


FIGURE : 2

VARIATION RELATIVE EN 24h. DU VOLUME DE LA SOLUTION
ET DES CONCENTRATIONS EN **N**, **P** ET **K**, EN FONCTION
DU NOMBRE DE PLANTULES PAR VASE

Volume initial de la Solution 0,5 l

Concentration initiale en **N** 5 méq $\times$ l⁻¹

P 1 méq $\times$ l⁻¹

K 2 méq $\times$ l⁻¹