

O R S T O M
Services Scientifiques
Centraux
B O N D Y

METHODES POUR L'ETUDE DE LA
REACTION AU SEL CHEZ LE RIZ

C. MAGNE
Laboratoire de Biologie
et d'Amélioration des
Plantes Utiles

Sept. 1967

.
TABLE DES MATIERES

	page
Introduction	1
I - Installations pour cultures de riz alimentées	
par des solutions à concentration constante	2
A - Bacs plats pour culture de plantules	2
B - Bacs pour culture de plantes jusqu'à	
maturité	4
C - Installation pour culture sur solution	
nutritive en pots avec alimentation	
individuelle	5
II - Milieux de culture pour le riz	8
III- Tests sur la réaction du riz au sel	11
A - Tests sur plantules	11
B - Tests pendant l'épiaison	13
Bibliographie	16

INTRODUCTION

Peu de travaux ont été réalisés sur l'amélioration de la résistance au sel chez le riz . Ce problème a pourtant un intérêt économique considérable , à en juger par l'étendue des zones à vocation rizicole où le sel constitue un facteur limitant pour l'augmentation de la production .

Une des raisons qui explique le peu de réalisations en ce domaine , tient aux difficultés de l'expérimentation . Il est en effet difficile de contrôler la salinité en plein champ et d'y réaliser des tests dans des conditions suffisamment homogènes pour permettre des comparaisons valables entre plantes ou groupes de plantes .

Les dispositifs ou méthodes que nous allons décrire ont été mis au point pour réaliser une étude sur les facteurs héréditaires qui conditionnent le comportement du riz en milieu salé , particulièrement en ce qui concerne le rendement en grain . La diminution de celui-ci résulte de l'action du sel sur les différents stades de développement :

- Diminution de la survie et retard dans le développement des plantules .
- Réduction du tallage .
- Diminution du nombre et de la fertilité des épillets .
- Formation de grains plus petits .

Chacune de ces actions mériterait une étude particulière . Nos expériences ont porté seulement sur les deux stades qui , dans les rizières salées , sont considérés comme les plus critiques :

- 1 - Le stade plantule .
- 2 - Le stade formation des épillets .

I -- INSTALLATIONS POUR CULTURES DE RIZ ALIMENTÉES PAR DES SOLUTIONS A CONCENTRATION CONSTANTE

A - Bacs pour culture de plantules . (Schéma I)

Ces bacs sont constitués par des tablards de serre en fibro-ciment . On trouve dans le commerce des modèles de série ayant les dimensions suivantes :

Longueur :	250 cm
Largeur :	40 ou 80 cm
Profondeur	10 cm

Pour éviter que les solutions soient altérées au contact du fibro-ciment , nous avons enduit la surface intérieure avec une peinture à base de caoutchouc .

Ces bacs sont équipés avec un double fond constitué par du grillage moustiquaire en matière plastique , sur lequel repose un lit de sable . La solution est distribuée sur toute la surface du bac , par un tube en chlorure de vinyle perforé , qui serpente sous le grillage .

La solution est aspirée dans une réserve par une pompe centrifuge , dont la marche est dépendante , par l'intermédiaire d'un relai électronique , du niveau du bac . Ce niveau est réglé de manière à assurer un écoulement continu par un trop plein qui ramène la solution dans la réserve . Cette réserve est constituée par deux tonnelets en matière plastique d'une contenance de soixante litres chacun , reliés par un syphon .

Les pertes par évaporation se traduisent par une baisse de niveau dans la réserve . Ce niveau doit être rétabli régulièrement par addition d'eau permutée .

La culture des plantules n'étant pas prolongée dans ces bacs , au delà de deux ou trois semaines , il est possible de cultiver environ mille plantules dans un bac de 40 x 250 (cm) .

Bac pour culture de plantules (Légende du schéma I)

- (I) Pompe centrifuge .
- (2) Relai électronique " Prolabo " alimenté par le secteur .
- (3) Détecteur de niveau . (Voir schéma II)
- (4) Valve de désamorçage , (schéma III) , nécessaire pour empêcher le retour de la solution dans la réserve après l'arrêt de la pompe .
- (5) Sable quartzeux (diam. I à 2,5 mm) .
- (6) Trop plein , (tube vinyle , diam. II mm) .
- (7) Grillage moustiquaire reposant sur baguettes verre .
- (8) Baguettes verre .
- (9) Tube vinyle perforé (diam. I4 mm) .
- (I0) Tablard en fibro-ciment . cm : 250 x 40 x IO . (enduit intérieur au caoutchouc) .
- (II) , (I2) , (I3) Tube vinyle , diam. I4 mm .
- (I4) Tonneaux plastique (60 l. chacun) , contenant la réserve de solution .

B - Bacs pour culture de plantes jusqu'à maturité . (Schéma IV)

Nous utilisons des bacs en fibro - ciment ayant les dimensions suivantes :

Longueur :	100 cm
Largeur :	75 cm
Profondeur :	30 cm

Ces bacs sont enduits intérieurement d'une peinture au caoutchouc pour empêcher toute altération de la solution .

Le sable repose sur un grillage fin en matière plastique disposé à mi - hauteur , sur des baguettes de verre .

La solution est introduite par un tuyau en chlorure de vinyle perforé qui serpente au fond du bac . Une réserve de solution de soixante litres est adjointe à chaque bac ; le bac lui-même en contient environ quatre-vingt-dix . Le circuit bac - réserve est assuré par un système : pompe centrifuge - détecteur de niveau - relai électronique , fonctionnant comme dans les bacs pour plantules décrits précédemment .

Chacun de ces bacs permet de cultiver jusqu'à maturité une soixantaine de plantes si le tallage n'est pas trop important .

C - Installation pour culture sur solution nutritive
en pots avec alimentation individuelle

Les expériences nécessitant la culture sur sable , en pots , avec comparaison de diverses solutions , sont très astreignantes , car elles demandent des interventions quotidiennes pour l'aération , le réajustement et le renouvellement des solutions .

De nombreux dispositifs ont été mis au point dans le but d'automatiser au maximum ces opérations . Une revue très complète en a été donnée par E.J. HEWITT (I) .

Les expériences que nous avons réalisées sur le riz comportaient la comparaison de cultures sur solutions ayant des concentrations en sel différentes . Une des principales difficultés était de maintenir dans les pots des concentrations constantes et homogènes . Pour y arriver , sans avoir à intervenir continuellement , nous avons adjoint à chacun d'eux une réserve de solution assez importante (20 litres) , avec laquelle la solution du pot était recyclée plusieurs fois par jour .

Pots :

Nous avons employé des pots de type " Riviera N° 15 " , d'une capacité utile de douze litres . L'orifice de trop-plein a été obturé afin de pouvoir cultiver le riz en immersion . La communication avec la réserve se fait par un orifice percé au fond du pot , ce qui permet de réaliser des vidanges complètes lorsqu'il est nécessaire

Réerves :

Elles sont constituées par des jerricans de vingt litres en matière plastique , comportant deux orifices . L'un des orifices , le plus gros , est obturé avec un bouchon deux trous par où passent : 1°) Un tube de verre qui plonge dans la solution et sert à assurer les échanges entre le pot et la réserve ; 2°) Un autre tube de verre mettant en communication le haut du jerrican avec le circuit d'air comprimé .

Le jerrican est installé avec une certaine inclinaison , de manière à situer le deuxième orifice à un niveau inférieur . Cet orifice sert pour le remplissage , et constitue en même temps un repère pour le niveau maximum de la solution .

Mouvement de la solution :

La mise en solution des pots est réalisée par l'envoi d'air comprimé dans les réserves . Le compresseur s'arrête lorsque le niveau maximum est atteint dans le pot de contrôle . La hauteur manométrique (différence de niveau entre le pot et la réserve) du pot de contrôle est répercutée dans tous les autres pots , par l'intermédiaire de la rampe à air comprimé .

La vidange est obtenue par l'ouverture d'une vanne de décompression . La périodicité des mises en solution et des vidanges est réglée par l'action conjointe de deux contacteurs horaires .

Remarque :

La solution s'établit dans tous les pots à la même hauteur manométrique , mais pas nécessairement au même niveau . Pour qu'il en soit ainsi , il faut que tous les ensembles : Pot - Réserve , aient exactement les mêmes caractéristiques , avec les mêmes quantités de solution , comme c'est le cas après les réajustements . Lorsqu'il se produit dans un pot des pertes par évaporation différentes de celles du pot de contrôle , le niveau sera inférieur si les pertes sont plus élevées et supérieur si elles sont plus faibles . Il est nécessaire de ne pas laisser s'établir des inégalités trop grandes pour que l'irrigation se fasse de la même manière dans tous les pots .

Appareillage :

Compresseur : " Marion type A " pression max. 3,5 Kg

Débit d'air : 1.800 litres / heure

Relai électronique : type " Prolabo " .

Vannes magnétiques : " Régulauto type Labo 84 " .

Contacteur horaire " Cotna type TZ " à deux circuits unipolaires mécaniquement et électriquement indépendants , l'un commandant le compresseur , l'autre la vanne de décompression .

Détecteur de niveau : Appareil fabriqué avec les moyens du laboratoire (Schéma II) .

II - MILIEUX DE CULTURE POUR LE RIZ

A - Cultures sur terre :

Nous avons fait des essais avec des terres de jardin de la région parisienne , du terreau de feuilles , de la terre de bruyère , ainsi qu'avec des mélanges où ces composants intervenaient dans des proportions variables .

Le riz s'est toujours mal comporté dans les milieux contenant du calcaire , ou lorsque le pH était supérieur à sept . De ce fait nous avons été contraint d'éliminer les terres de la région parisienne .

La terre de bruyère a donné d'excellents résultats , moyennant une fertilisation minérale complémentaire , car elle est assez pauvre en éléments nutritifs .

Eau d'irrigation :

L'eau de ville qui est distribuée dans la région parisienne est à proscrire en raison de sa réaction fortement alcaline . L'usage d'eau permutée, ou tout au moins adoucie , est indispensable .

B - Cultures sur sable :

Nous avons utilisé un sable quartzeux , soigneusement lavé , calibré , de diamètre : I à 2,5 mm .

Différentes formules de solutions nutritives ont été essayées .

Macroéléments :

a) Formule " Purdue University "

Eléments	meq / I litre
N (NH ₄)	8,3
N (NO ₃)	8,3
K	3,8
P	2,0
Mg	2,0
Ca	1,3
S	10,3

Cette composition a été réalisée en employant les sels suivants :

$\text{NO}^3 \text{ K}$	845	mg / I litre
$\text{SO}^4 (\text{NH}^4)^2$	549	"
$(\text{PO}^4 \text{H}^2)^2 \text{Ca}$	148	"
$\text{SO}^4 \text{ Mg} , 7 \text{ H}^2\text{O}$	246	"

Avec les variétés que nous avons utilisées , et dans les conditions de milieu où étaient placées nos expériences , cette formule nous a paru trop riche , étant donné le développement végétatif luxuriant que nous avons obtenu .

b) Formule Lockard (2)

Eléments	meq / I litre
N (NO^3)	2,50
N (NH^4)	0,36
P	1,50
K	1,00
Ca	2,00
Mg	2,50
S	2,86

Nous avons employé les sels suivants :

$(\text{NO}^3)^2 \text{ Ca}$	123,0	mmg / I litre
$\text{SO}^4 (\text{NH}^4)^2$	23,8	"
$\text{NO}^3 \text{ K}$	101,0	"
$(\text{PO}^4 \text{H}^2)^2 \text{ Ca}$	58,4	"
$\text{SO}^4 \text{ Mg} ; 7 \text{ H}^2\text{O}$	308,0	"

Cette solution a été employée à la concentration indiquée dans les cultures sur sable , et à demi-concentration , comme complément nutritif pour les cultures sur terre de bruyère .

c) Formule Singh et Murayama (3)

Elements	még / I litre
N (NH^4)	0,570
N (NO^3)	0,142

.....

.....

P	0,245
K	0,126
Ca	0,142
Mg	0,362
S	0,976

Sels utilisés :

$(PO^4) H^2 K$	11,14	mmg / l litre
$SO^4 K^2$	3,83	"
$SO^4 (NH^4)^2$	37,71	"
$SO^4 Mg, 7 H^2O$	44,66	"
$(NO^3)^2 Ca$	11,70	

Cette formule très peu concentrée par rapport aux formules courantes , a été parfois employée en multipliant les concentrations indiquées par deux ou quatre .

Fer et oligo-éléments :

Pour les trois formules indiquées ci-dessus , nous avons par litre de solution :

Citrate ferrique ammoniacal :	24,5	mmg
$SO^4 Mn, 7 H^2O$	2,23	"
$SO^4 Cu, 5 H^2O$	0,24	"
$SO^4 Zn$	0,29	"
$Mo^7 O^{24} (NH^4)^6, 4 H^2O$	0,03	"

III - TESTS SUR LA REACTION DU RIZ AU SEL

A - Tests sur plantules :

La réaction des plantules de riz à l'excès de sel est très importante à considérer , par suite d'une sensibilité particulière , dont les conséquences sont souvent aggravées lorsque , au début de la saison de culture , les sels sont insuffisamment lessivés par suite du retard ou de l'insuffisance des pluies .

Méthode :

Les plantules sont cultivées en serre , dans des bacs avec sable et solution nutritive , comme il a été décrit plus haut . Le sel est appliqué au stade deux feuilles , à raison de cinq grammes par litre de solution . Il provoque , plus ou moins rapidement , suivant les conditions atmosphériques (température , hygrométrie) , un dessèchement des extrémités . L'importance de ce dessèchement , pour différents matériels traités dans les mêmes conditions , permet de comparer leur sensibilité au sel . Le traitement est arrêté lorsque le dessèchement atteint en moyenne 10 à 20 % de la longueur totale des feuilles .

On mesure pour chaque plante :

- La longueur totale des limbes : LT
- La longueur des parties desséchées : LS

On établit pour chaque plante le rapport :

$$\frac{LS}{LT} \times 100$$

Ce rapport constitue une estimation de la sensibilité des plantes au sel .

Par suite de la très grande incidence des conditions de milieu sur les effets du sel , on ne peut faire des comparaisons valables que si les tests sont réalisés simultanément . Il est en effet impossible , à moins d'utiliser des enceintes climatisées , de réaliser dans des tests successifs des conditions climatiques comparables .

Installation :

Nous avons décrit plus haut l'installation de culture en bacs que nous avons utilisée pour réaliser des tests dans des conditions suffisamment homogènes et constantes en ce qui concerne la nutrition et la concentration saline .

Solution nutritive :

Nous avons utilisé dans la plupart des cas une solution obtenue en prenant les concentrations de la formule Singh et Murayama (voir plus haut) multipliées par quatre .

Mises en germination :

Dans les comparaisons de variétés ayant des vitesses de germination différentes , il est parfois nécessaire d'échelonner les semis pour que les plantules soient au même stade de développement au moment de l'application du sel . Un essai préalable est nécessaire pour déterminer la vitesse de germination de chaque variété .

Pour parfaire l'homogénéité du matériel à tester , on élimine dans chaque lot les graines qui germent trop vite et celles qui germent trop lentement . Il est donc nécessaire de prévoir un large excédent de semences .

Mesures :

Lorsque le traitement par le sel est terminé , les plantules sont arrachées et disposées dans des tubes à échantillons , contenant quelques centimètre cubes de solution nutritive , où plongent les racines, pour éviter que les plantules ne flétrissent avant les mesures . Lorsque celles-ci demandent un certain temps , il est nécessaire de conserver le matériel récolté en chambre froide , afin d'éviter toute croissance postérieure à la récolte

Les mesures sont faites sur table . La comparaison des moyennes nécessite souvent la transformation logarithmique des données , car la variance des rapports $\frac{LS}{LT} \times 100$ a tendance à augmenter avec leur moyenne . On trouvera dans le graphique I , un exemple de comparaison des sensibilités de deux variétés et de leurs hybrides F1 .

B - Tests pendant l'épiaison :

Effet du sel sur la fructification :

Lorsqu'on applique à une culture de riz une certaine dose de sel pendant une durée déterminée , l'effet sur la fructification varie suivant le stade d'application . C'est ce qui ressort des expériences que nous avons réalisées , dans lesquelles le sel était appliqué pendant un mois , à plusieurs dates échelonnées , avec des doses variant de 0 à 7,5 g par litre .

1 - Application au début du tallage - Retrait du sel avant la mise à fleur :

Le développement végétatif est retardé , la production de graines diminuée dans la mesure où le tallage est atteint . L'effet est atténué dans la mesure où la plante a le temps de se rattraper entre la fin de l'application du sel et la mise à fleur . La fertilité des épillets n'est pas atteinte .

2 - Application avant la mise à fleur et retrait avant l'épiaison :

A partir de cinq grammes par litre on enregistre une diminution du nombre d'épillets par panicule . Une partie avorte à un stade plus ou moins précoce , ou reste stérile , l'autre donne des grains normaux . Un certain rattrapage de la production de graines peut se produire après le retrait du sel , grâce à un tallage secondaire qui se développe à partir des talles principaux , à condition de continuer l'alimentation des plantes pendant un temps suffisant .

3 - Application avant l'épiaison , retrait pendant la formation du grain .

Les épillets poursuivent apparemment leur formation de façon normale jusqu'à l'anthèse . On observe un nombre anormal d'épillets stériles avec des doses élevées (7,5 gr par litre) , du moins pour les variétés sensibles . On note aussi une diminution du poids unitaire du grain avec l'augmentation de la dose , cette diminution se faisant surtout sentir à partir de cinq grammes par litre .

4 - Application après la floraison :

Seul le poids unitaire du grain est diminué .

Méthode utilisée pour tester la sensibilité pendant la période reproductive :

Dans ce test on compare l'augmentation de la stérilité due à la présence de sel , à celle observée sur des plantes témoin cultivées dans les mêmes conditions en l'absence de sel .

Les différences de stérilité observées , évaluées en pourcentage , constituent une estimation de la sensibilité .

Exemple	Stérilité %
Pot traité	25
Pot témoin	8
Estimation de la sensibilité (différ.)	17

Cette méthode d'estimation suppose que les différents matériels ont , dans les conditions normales , des taux de stérilité de même ordre . Il est en effet difficile de comparer l'augmentation de la stérilité lorsque les témoins présentent des taux très différents .

Par épillets stériles il faut entendre , non seulement les épillets de taille normale où le caryopse n'est pas formé , mais les épillets avortés à un stade plus ou moins précoce , dans la mesure où ils sont encore dénombrables après la récolte , (taille min. 1 mm $\frac{1}{2}$) .

Etant donné la sensibilité particulière du riz au moment de la mise à fleur , il serait intéressant de faire intervenir , dans l'estimation de la sensibilité , le nombre d'épillets formés . Pour cela , il faudrait appliquer le sel un peu avant ce stade . La détermination du moment idéal est malheureusement difficile , surtout lorsque le cycle des variétés expérimentées n'est pas connu de façon précise . Il est plus pratique d'attendre la première manifestation facilement contrôlable du démarrage de la phase reproductrice , soit : le début du gonflement de l'axe principal . Dans ces conditions le nombre d'épillets n'est pas affecté sur cet axe , mais leur développement , leur fertilité et le remplissage du grain , sont plus ou moins touchés . On retrouve sur les talles primaires et secondaires les mêmes effets que sur l'axe principal , avec en plus , lorsqu'il y a un décalage suffisant de développement , une réduction dans le nombre d'épillets .

La dose à appliquer doit être de l'ordre de sept grammes par litre , il faut l'augmenter lorsque la chaleur est insuffisante et l'hygrométrie trop élevée .

Dispositifs matériels :

1. Culture en pots :

Ce dispositif s'impose lorsque l'expérience comporte la comparaison de différentes doses de sel , ou différentes dates d'application .

2. Culture en bacs :

Les bacs de grandes dimensions conviennent lorsqu'on veut appliquer le même traitement à différents matériels épiant à la même date .

Nous avons décrit plus haut , de façon détaillée , les dispositifs de culture en pots et en bacs , qui ont été utilisés pour tester la réaction au sel pendant la phase reproductive .

Observations :

Elles portent uniquement sur les panicules dont la maturité suit de peu celle de l'axe principal . Les repoussés tardives sont éliminées .

Les panicules retenues sont égrenées à la main de manière à détacher tous les épillets : pleins,vides,avortés .

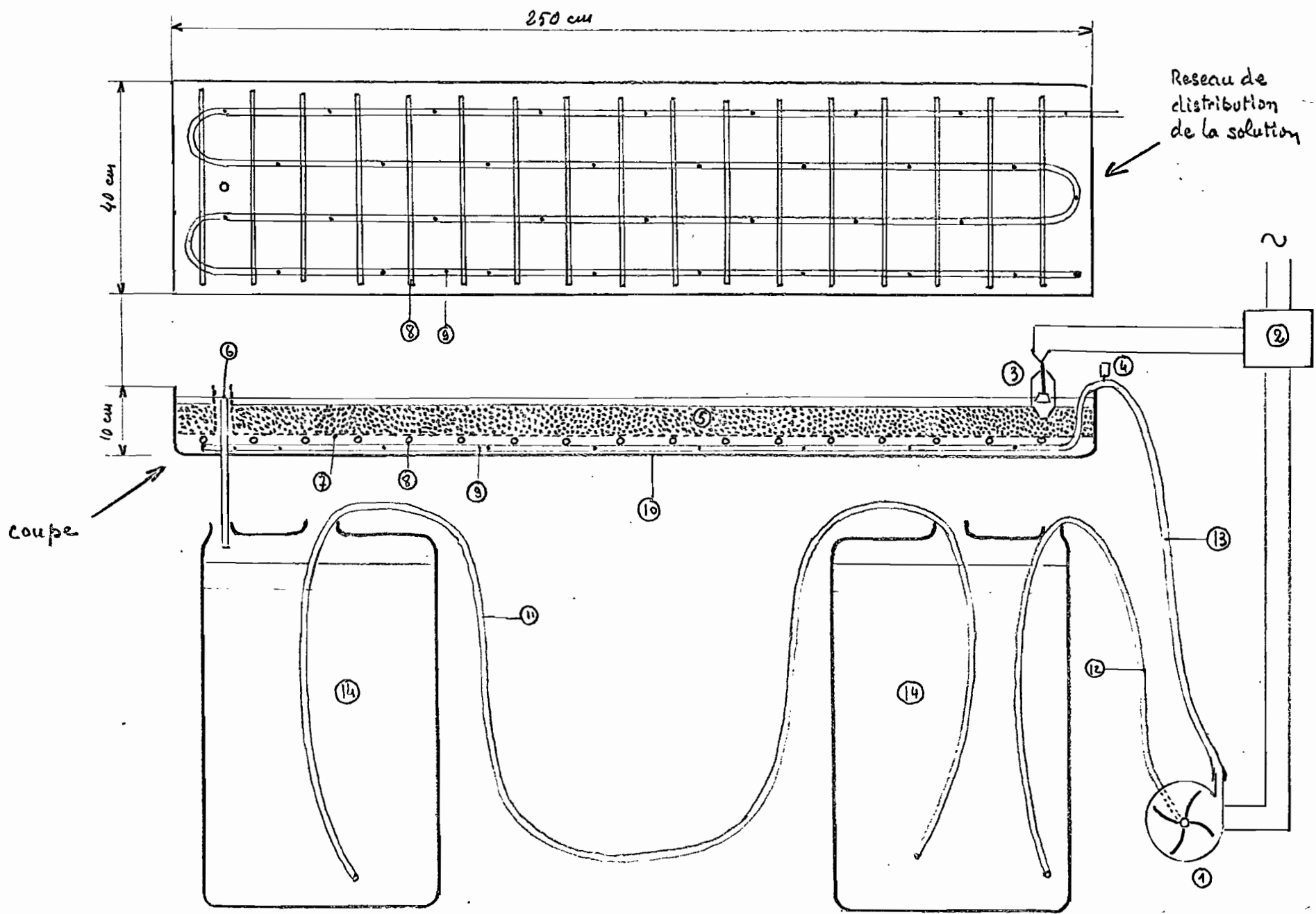
Les comptages sont faits sur la récolte entière lorsque elle est de l'ordre de 200 à 400 épillets . Si elle trop importante , un échantillon représentatif est prélevé à l'aide d'un échantillonneur diviseur .

BIBLIOGRAPHIE

- (1) HEWITT E.J. (1966)
Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition
C.A.B. Farnham Royal - Buks - England .
- (2) LOCKARD R.G. (1959)
Mineral nutrition of the rice plant in Malaya
Department of Agriculture - Bulletin N° 108 .
- (3) SINGH J.N. and MURAYAMA N. (1963)
Analytical studies on the production efficiency of N in rice
Soil Sci. and Plant Nutr. 9 , N° 4 .

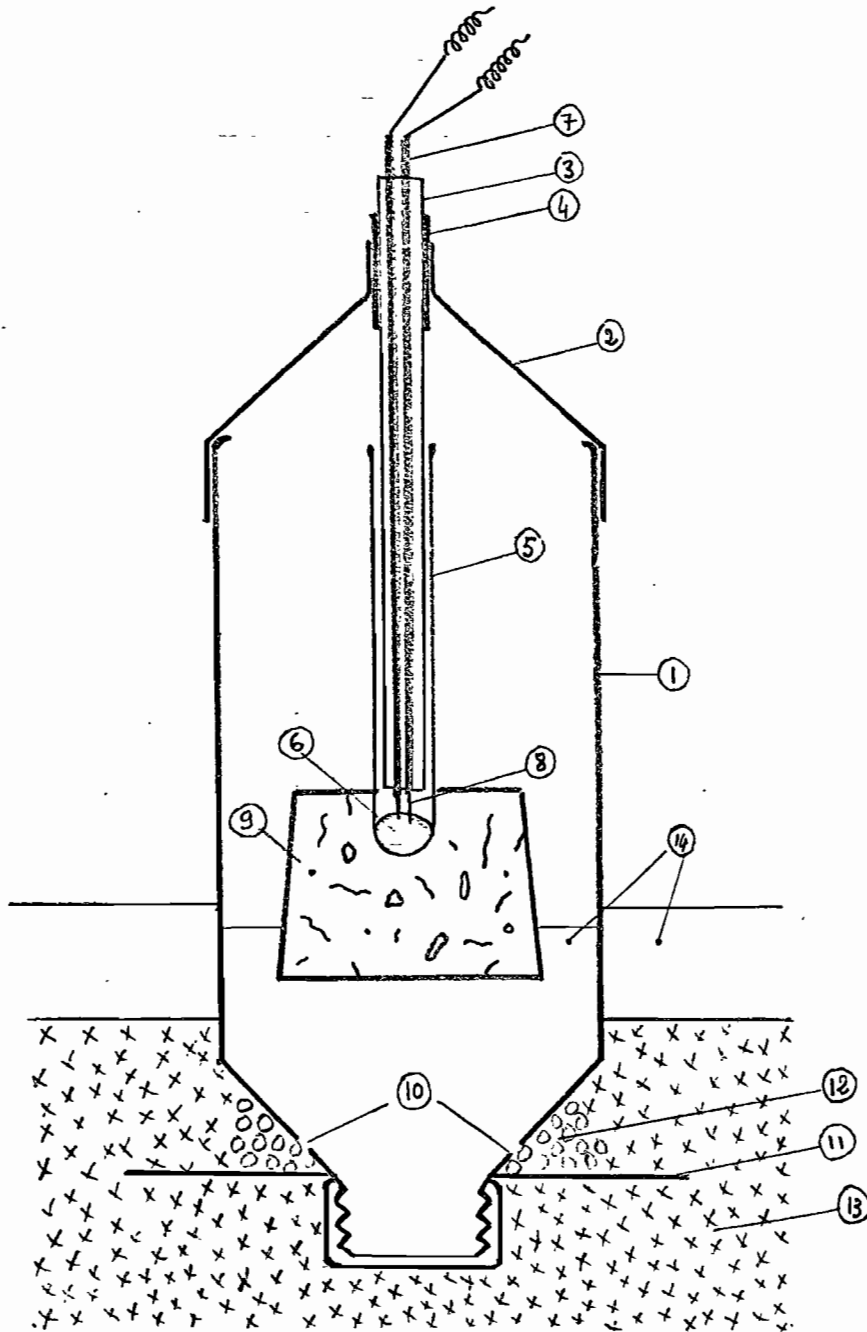
Bac pour test Plantule

(Schémas I)



Détecteur de niveau

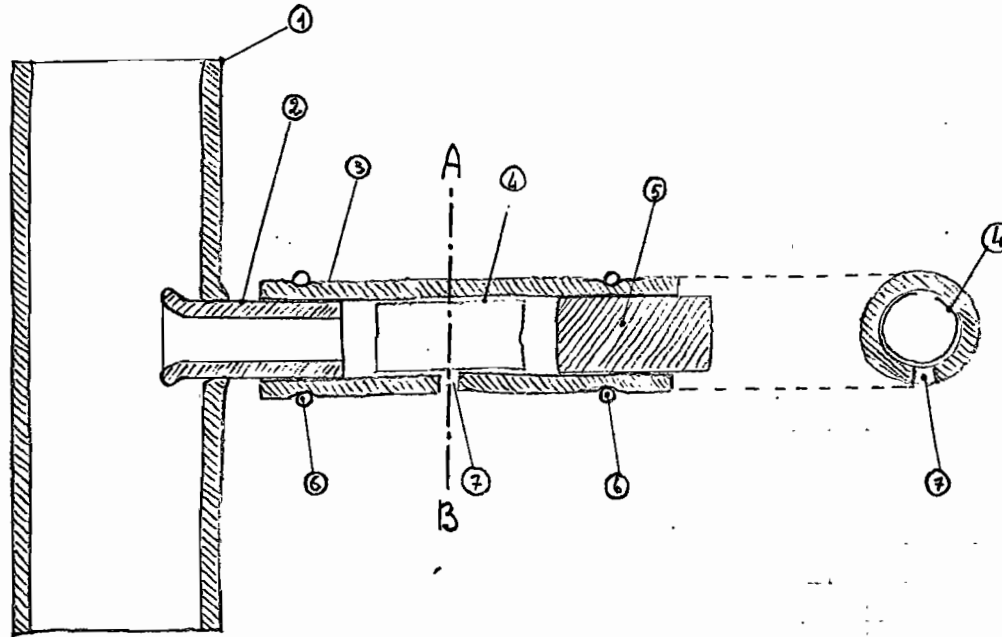
(Schéma II)



- ① Flacon en polyéthylène de 250 cc dont le fond a été découpé (ϕ : 58 mm)
- ② Entonnoir en polyéthylène de ϕ int. 58 mm
- ③ Tube de verre de ϕ 7 mm - Long. 170 mm.
- ④ Tube en chlorure de vinyle ϕ 10 mm - L = 20 mm.
- ⑤ Tube à essai verre fin (9 x 75 mm) fixé sur le bouchon et coulissant sur le tube de verre ③
- ⑥ Mercure
- ⑦ Fil électrique isolé, relié à un relai électronique.
- ⑧ Electrodes de contact
- ⑨ Flotteur : bouchon liège : ϕ 46 mm , h : 34 mm.
- ⑩ Deux orifices de ϕ 1 mm à 1,5 mm.
- ⑪ Plaque de stabilisation en matière plastique
- ⑫ Sable grossier
- ⑬ Sable ou terre
- ⑭ Solution

valve de désamorage

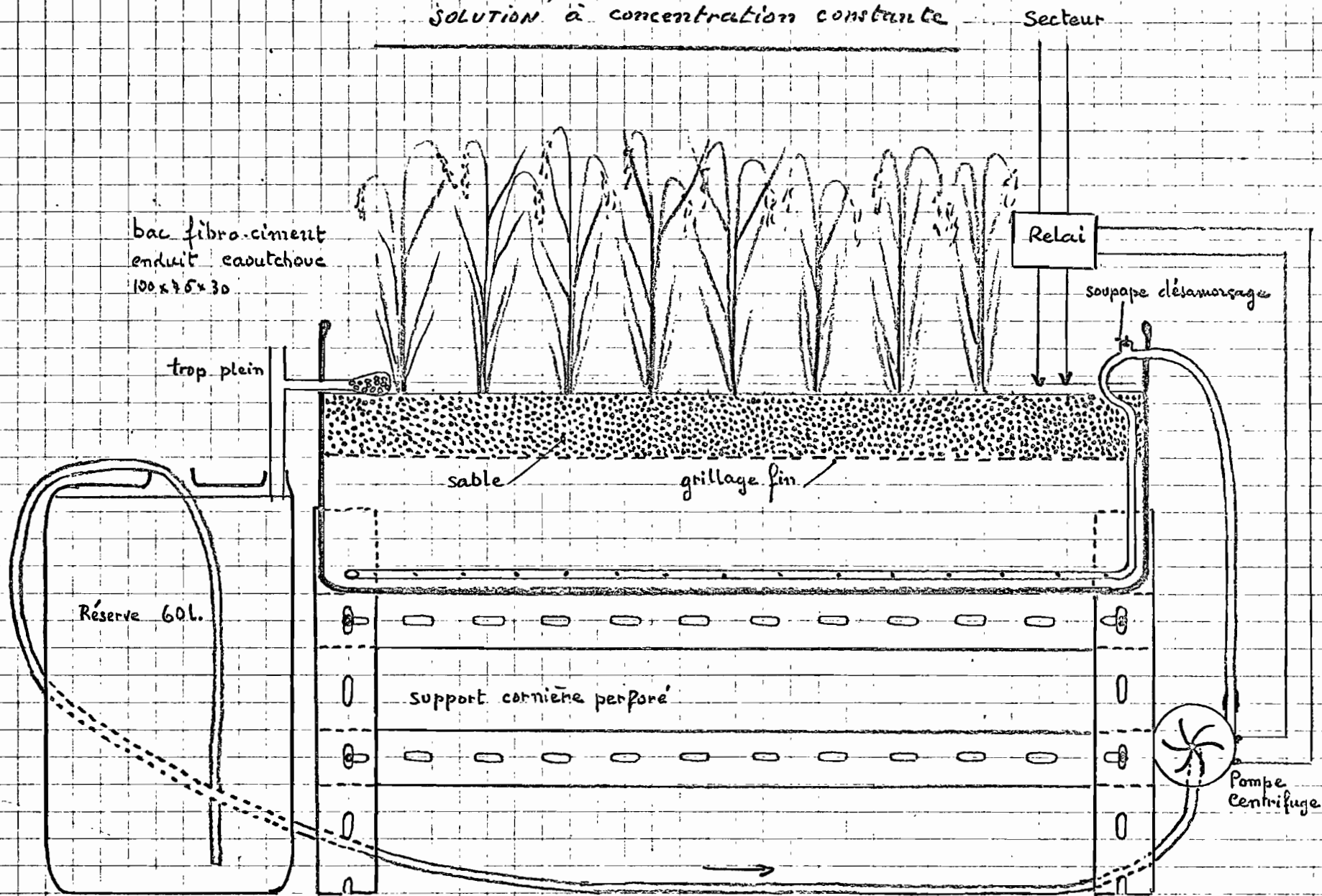
schéma III



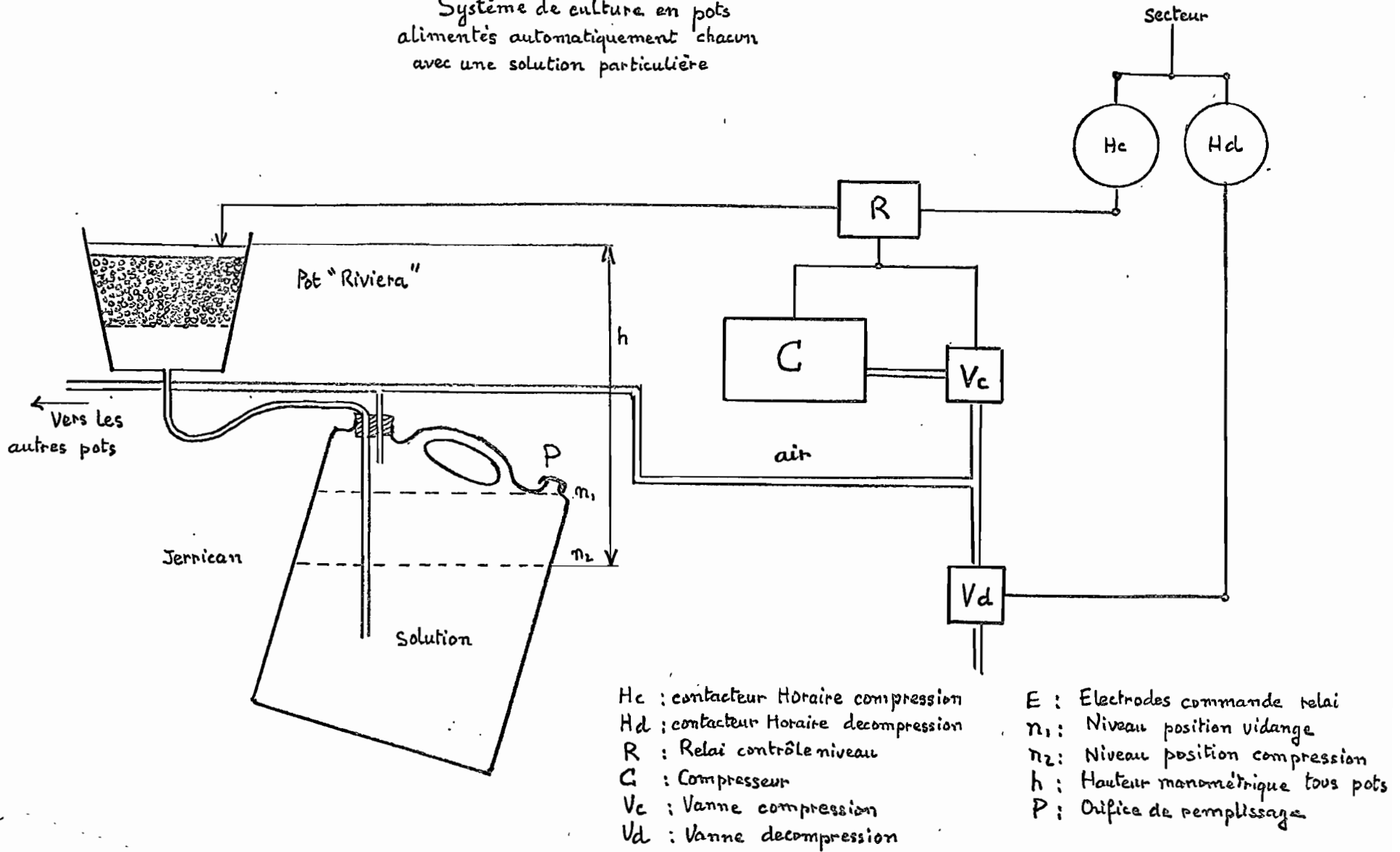
- ① Tube en chlorure de vinyle
- ② Tubulure en verre (ϕ 7 mm) engagée à force dans orifice sur tube ①
- ③ Tube en chlorure de vinyle (ϕ 9 mm; L 40 mm)
- ④ Film en polyéthylène servant de soupape
- ⑤ Bouchon en verre
- ⑥ Fil de serrage en laiton
- ⑦ orifice d'admission d'air (ϕ 1 mm)

Installation pour culture de riz sur
SOLUTION à concentration constante

Schema IV



Systeme de culture en pots
alimentés automatiquement chacun
avec une solution particulière



graphique I

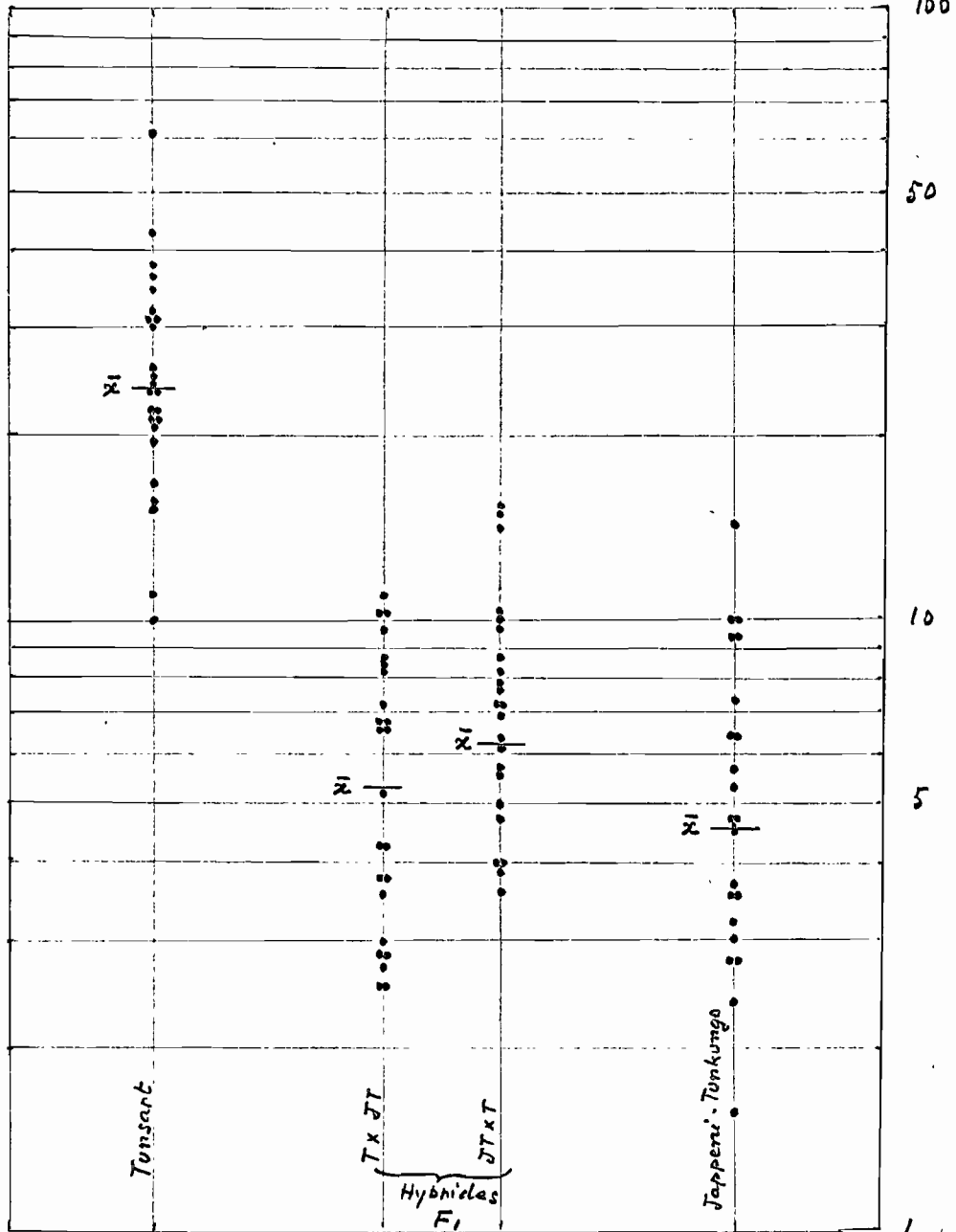
Test plantule sur hybrides F₁

Tunsart x Jappeni-Tunkungo

Distribution des plantes suivant

Le rapport $\frac{\text{Longueur feuille sèche}}{\text{Longueur totale}} \times 100$

$\frac{LS}{LT} \times 100$



Nombre de plantes	25	24	25	26
moyenne géom. \bar{x}	24,29	5,32	6,34	4,76
variancee $\log x$	0,03057	0,05402	0,05956	0,05014