

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

ETUDE SUR LE RAPPORT POUVANT EXISTER
ENTRE LES REACTIONS DU RIZ AU SEL OBSERVEES
AU STADE PLANTULE ET PENDANT LA PHASE REPRODUCTIVE

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

Avril 1967

INTRODUCTION

On a souvent observé que la sensibilité des plantes au sel variait suivant le stade de développement . La question se pose de savoir si , lorsqu'on compare différents matériels : espèces ou variétés , il existe une corrélation entre les sensibilités aux différents stades . Cette question a une très grande importance du point de vue pratique , pour l'établissement des programmes d'amélioration . Elle est aussi très intéressante à considérer d'un point de vue plus général , car l'étude des rapports qui peuvent exister entre les diverses réactions de la plante au sel , peut contribuer à éclairer les aspects physiologiques et génétiques de la résistance .

Le comportement des graines germant en milieu salé , a été considéré que lquefois comme indicateur de la tolérance au sel des plantes dans les stades ultérieurs de leur croissance (Henckel et Strogonov - 1961 ; Strogonov - 1964) . Shardakov (1948) , cité par Strogonov (1964) , a noté que dans les conditions salines , les graines des variétés de coton tolérantes au sel , avaient des taux d'imbibition , de germination , et d'allongement radiculaire , plus élevés que ceux des variétés non tolérantes . Cette corrélation est contestée par de nombreux expérimentateurs , tant au niveau des espèces (2 , 3 , 4 , 5 , 8) , qu'à celui des variétés (I , 9 , 10) .

Chez le riz , la présence de sel ralentit la germination , mais il faut des doses relativement élevées (15 à 20 grammes par litre) pour l'arrêter complètement . C'est à l'état de plantule et pendant la phase reproductive que cette plante est particulièrement vulnérable . Cela est d'autant plus grave de conséquences , que ces stades correspondent aux périodes où les concentrations salines sont souvent plus élevées dans les rizières (début et fin de la saison des pluies) .

Peu d'observations ont été faites sur les rapports entre les réactions au sel au stade plantule et celles observées pendant la phase reproductive . Pearson (9) note que le classement des variétés de riz pour la résistance au sel , n'est pas le même suivant qu'il s'agit du développement au stade plantule ou de la production de graines . Kaddah (7) a observé que les variétés de riz diffèrent dans leur tolérance au sel au stade plantule , mais que la production de graines n'est pas nécessairement affectée de la même manière . Sakai et Rodrigo (12) ont , par contre , trouvé qu'un test , consistant dans l'examen du feuillage après application de sel à quarante jours , permettait de juger valablement de la résistance générale des variétés de riz .

Dans une expérience que nous avons réalisée en 1965 , il s'est trouvé que les deux variétés retenues pour leur grande différence de sensibilité au stade plantule , présentaient , lorsque le sel était appliqué au moment de l'épiaison , des différences correspondantes de stérilité . Cette observation , qui n'était peut-être qu'une simple coïncidence , ainsi que la pauvreté de la littérature sur ce problème , nous ont incité à entreprendre des expériences , pour voir s'il n'existait pas une certaine corrélation entre les sensibilités au stade plantule et pendant la phase reproductive .

Nous avons choisi , pour cette étude , vingt variétés de riz appartenant au groupe " Japonica " , de telle manière que leurs cycles végétatifs soient aussi rapprochés que possible . Elles ont été soumises à deux séries de tests , correspondant aux deux stades objet de notre étude .

I - TESTS AU STADE PLANTULE

A - Méthode :

Les tests au stade plantule ont été réalisés suivant une méthode que nous avons déjà utilisée dans des comparaisons variétales et dans l'étude de matériels hybrides .

Les plantules ont été cultivées en serre , dans des bacs avec sable et solution nutritive . Le sel a été appliqué au stade deux feuilles à raison de cinq grammes par litre de solution . Il a été maintenu le temps nécessaire , de manière à obtenir un dessèchement des extrémités foliaires, suffisant pour une bonne différenciation variétale . Ce temps est fonction de l'ambiance des serres , en particulier de la température et de l'humidité relative , qui sont dépendantes pour une bonne part , de l'ensoleillement . Quatre ou cinq jours de traitement suffisent habituellement .

La sensibilité d'une plantule au sel est estimée d'après le rapport entre la longueur de la feuille desséchée et la longueur totale ; soit : $\frac{L S}{L T} \times 100$.

Dans les comparaisons de variétés ayant des vitesses de germination différentes , des précautions doivent être prises pour que les plantules soient exactement au même stade de développement au moment de l'application du sel . Les vingt variétés ont fait l'objet d'un essai germinatif préliminaire qui a permis de les classer suivant leur vitesse de germination . La différence était de soixante heures entre la plus rapide et la plus lente .

Les mises en germination des semences destinées aux tests , ont tenu compte de cet échelonnement . Il existe aussi des différences importantes entre graines de la même variété : Nous avons mis à germer un large excédent de semences , pour pouvoir éliminer celles dont la germination était trop rapide ou trop lente . Ces précautions étaient indispensables pour que les variétés soient testées et comparées de manière valable .

Milieu de culture :

Les graines mises à germer à 25° au laboratoire , ont été repiquées dans les bacs , lorsque les germes ont atteint deux à trois millimètres .

La solution nutritive avait la composition suivante :

	mg / l litre
$PO_4^{3-} K$	44,5
$SO_4^{2-} K$	15,3
$SO_4^{2-} (NH_4^+)^2$	140,0
$(NO_3^-)^2 Ca$	46,8
$SO_4^{2-} Mg, 7 H_2O$	178,4
Citrate ferrique ammoniacal	30,0

Oligo-éléments : Mn - Cu - Zn - B - Mo .

Installation :

Chaque bac était alimenté avec 150 litres de solution , répartis entre le bac et une réserve de soixante litres . Pour assurer l'homogénéité de sa concentration , la solution était recyclée de façon continue par une pompe centrifuge , le niveau dans le bac étant contrôlé par un ensemble : flotteur - relai - pompe . (Figure I)

Les pertes par évaporation étaient compensées en réajustant régulièrement le niveau de la réserve par addition d'eau permutée .

B - Réalisation des tests :

Deux tests ont été réalisés successivement sur les vingt variétés étudiées . Le système d'implantation a été modifié dans le deuxième test pour assurer une répartition plus équitable des variétés , compte tenu d'une certaine hétérogénéité du milieu .

Test N° I :

Les variétés étaient disposées en lignes de dix plantules avec quatre répétitions .

- Mises en germination du 26 au 28 avril suivant les variétés .
- Repiquage le 4 mai sur sable . Arrosage à l'eau de ville acidifiée à pH 6,4 .

- Application de la solution nutritive le 6 mai .
- Application de ClNa (5 grammes par litre) le 6 mai .
- Récolte et mesures le 16 mai .

Test N° 2 :

Les vingt variétés étaient répétées seize fois dans deux bacs , à raison de deux plantules par répétition .

- Mises en germination du 31/5 au 1/6 , suivant les variétés .
- Repiquage le 10/6 sur sable - Arrosage à l'eau de ville acidifiée à pH 6,4 .
- Application de la solution nutritive le 13/6 .
- Application de ClNa (5 grammes par litre) le 19/6 .
- Récolte et mesures le 23/6 .

C - Résultats : (voir tableau I)

Le dessèchement des feuilles était moins accentué dans le deuxième test que dans le premier .

Les rapports $\frac{L S}{L T} \times 100$ variaient de 14,9 à 65,9 dans le premier test , et de 7,3 à 28,4 dans le deuxième test .

Les deux séries de résultats montrent une assez bonne concordance .

L'estimation de la sensibilité au stade plantule de chaque variété a été faite d'après la moyenne géométrique des résultats des deux tests .

II - TESTS PENDANT LA PHASE REPRODUCTIVE

A - Méthode :

Nous avons étudié , en 1965 , la réaction du riz à l'excès de sel pendant la phase reproductive , particulièrement en ce qui concerne l'augmentation de la stérilité .

À la suite des observations qui ont été faites , nous avons retenu la méthode suivante pour tester la sensibilité pendant cette période :

Le riz est cultivé sur terre de bruyère et solution nutritive .
Le sel est appliqué dès le début du gonflement de l'axe principal , c'est -
à - dire dès la première manifestation facilement observable de la phase
reproductive .

La dose utilisée est de six grammes par litre de solution .
Elle est maintenue pendant un mois : Depuis le début du développement des
épilletts (2 - 3 mm) , jusqu'à la formation du grain , période qui comprend
la méiose , l'épiaison , la floraison , et la fécondation .

L'excès de sel entraîne une augmentation du pourcentage d'épil-
lets stériles , plus ou moins importante suivant les variétés . Cette augmen-
tation constitue une estimation de la sensibilité du riz au sel pendant la
phase reproductive .

Installation :

Deux expériences ont été réalisées successivement avec la même
installation .

Les vingt variétés ont été cultivées dans des pots ayant une
capacité utile de douze litres . Ils étaient remplis de terre de bruyère
et irrigués avec une solution nutritive .

Solution nutritive (Formule Lockard conc. I/2)

$(NO^3)^2 Ca$	61,5 mg
$NO^3 K$	50,5 mg
$SO^4 (NH^4)^2$	11,9 mg
$(PO^4H^2)^2 Ca$	29,2 mg
$SO^4 Mg , 7 H^2O$	154,0 mg
Ctrate ferrique ammoniacal	24,5 mg

Oligo - éléments : Mn - Cu - Zn - B - Mo .

Pour maintenir la constance de la concentration , chaque pot
était relié à une réserve de solution de vingt litres . La solution du pot
était recyclée deux fois par jour avec la réserve , pour éviter une altéra-
tion trop rapide de la concentration . L'opération était assurée par un circuit
d'air comprimé commandé par un ensemble : contacteur horaire - compresseur -

vanne à air magnétique , le niveau dans les pots étant contrôlé par un relai électronique .

Les pertes dues à l'évaporation et à la transpiration étaient compensées suivant les besoins : deux fois par semaine en début de végétation, tous les jours à la fin . Les solutions étaient entièrement renouvelées tous les mois .

Dispositif expérimental :

Chaque variété a été cultivée dans deux pots placés côte - à - côte . l'un des deux pots , tiré au hasard , a été traité par le sel pendant la période reproductive , l'autre a servi de témoin .

Réalisation :

Pr^èmière expérience

- Semis sur terre de bruyère le trois mars .
- Application de la solution nutritive le dix-huit mars .
- application de 01 Na (6 grammes par litre) du 20/4 au 22/5 , suivant les variétés ; sel maintenu pendant un mois , puis remplacement de la solution saline par la solution normale .
- Récoltes du 8/6 au 10/7 suivant les variétés .

Deuxième expérience

- Semis sur terre de bruyère le 13 juillet .
 - Application de la solution nutritive le 4 août .
 - Application du sel : du 12/9 au 21/9 suivant les variétés .
- Maintien du sel pendant trente jours , puis remise en solution normale .
- Récolte du 7 au 13 novembre suivant les variétés .

Nous avons choisi des variétés ayant des cycles aussi rapprochés que possible ; il n'en reste pas moins que dans la première expérience les épiaisons se sont étalées sur un mois . C'est un inconvénient grave dans la mesure où les variations climatologiques peuvent influencer la

réaction des plantes au sel . L'ensoleillement est un des facteurs qui entraîne dans les serres , les plus fortes variations de température et d'hygrométrie . Pour corriger , dans la mesure du possible cet aléa , nous avons prévu dans chacune des deux expériences , la culture d'une variété témoin dont on obtiendrait l'épiaison échelonnée par un échelonnement approprié du semis . La variation de la réaction au sel de cette variété, suivant les dates d'épiaison , devait permettre d'apporter éventuellement une correction aux résultats observés pour les autres variétés . Nous n'avons pas réussi à réaliser un échelonnement satisfaisant de l'épiaison du témoin , par suite d'une connaissance insuffisante de sa réaction au photopériodisme . L'inconvénient pourrait être grave dans la première expérience où les dates d'épiaison s'échelonnent sur un mois . Fort heureusement , il n'y a pas eu de variations trop importantes dans les conditions climatologiques entre les premières épiaisons et les dernières . Les différences de stérilité observées sur les variétés sont d'ailleurs sans rapport avec ces variations . Dans la deuxième expérience , toutes les variétés ont épié en l'espace d'une semaine , et ont été soumises approximativement aux mêmes conditions pendant le mois de traitement .

C - Résultats :

L'examen de la stérilité a été fait uniquement sur les panicules ayant atteint un degré normal de maturité . Les repousses tardives ont été éliminées .

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

L'évaluation de la stérilité a été faite pour chaque pot , par comptage sur un échantillon représentatif de 200 à 400 épillets , prélevé à l'aide d'un échantillonneur-diviseur .

Les pourcentages de stérilité sont donnés dans le tableau II .

Pour les témoins , ils varient de 4,4 à 19,0 , la plupart se situant entre huit et seize , la moyenne étant de 12,1 dans la première expérience et de 11,9 dans la deuxième .

Dans les traitements par le sel , les pourcentages de stérilité

de la deuxième expérience sont plus faibles que dans la première , et dans certaines variétés , il n'y a pas de différence sensible entre le pot traité et le pot témoin . Le fait que le sel ait été moins efficace dans la deuxième expérience , est probablement imputable à une température plus faible dans la serre , et en particulier à des maxima moins élevés :

	Moyenne des maxima	Stérilité moyenne (%)	
		Pots témoins	Pots + sel
1° Expérience	42°	12,1	55,0
2° Expérience	36°	11,9	27,7

Le graphique I montre que , malgré les différences des conditions expérimentales , il y a une assez bonne corrélation entre les deux séries d'observations . Par suite de l'échelonnement différent dans les deux expériences , les différences de pourcentages entre le traitement sel et le témoin , ont été transformées en une notation de I à 20 . La moyenne des deux notes constitue l'estimation que nous avons utilisée pour la sensibilité variétale au sel pendant la phase reproductrice . (Tableau III)

III - COMPARAISON DES SENSIBILITES AU SEL OBSERVEES AU STADE PLANTULE ET PENDANT LA PHASE REPRODUCTIVE

Nous avons reporté dans le graphique II , l'estimation de la sensibilité faite au stade plantule (rapports $\frac{LS}{LT} \times 100$) , en fonction de l'augmentation de la stérilité , déterminée par l'application de sel pendant la phase reproductrice (note de I à 20) .

La répartition des points ne suggère pas la moindre corrélation : $r = - 0,126$ (au niveau 5 % $r = 0,444$ pour $n = 18$) .

On ne peut ^{donc} prévoir quel sera le comportement des variétés vis - à - vis du sel au moment de l'épiaison , d'après la réaction qu'elles peuvent avoir au stade plantule .

IV - CONCLUSION

Le fait que la sensibilité variétale des plantes vis à vis du sel , varie considérablement suivant les critères pris en considération , vient probablement de ce que les divers mécanismes physiologiques peuvent être affectés différemment suivant la nature des gènes qui les contrôlent . Il est normal de penser que ceux qui jouent un rôle principal dans le développement des plantules , ne sont pas exactement les mêmes que ceux qui interviennent dans la fertilité des épillets .

Peut - on dans ces conditions , considérer , comme le fait G.I. Repp (II) , que la résistance des plantes à la salinité , tient essentiellement à la résistance du protoplasme , telle qu'on peut l'apprécier , d'après la teneur saline qui détermine la plasmolyse sur des coupes de tissus ? ... Il faudrait , pour expliquer nos observations , supposer que , suivant l'âge , et suivant les parties de la plante , le protoplasme présente des variations importantes de sensibilité , dans des sens différents suivant les variétés : Dans certaines , le protoplasme serait sensible dans les cellules des feuilles et résistant dans les organes reproducteurs , alors que dans d'autres , l'inverse se produirait . La vérification reste à faire .

La résistance du protoplasme telle qu'elle peut être déterminée par la plasmolyse , est certainement une composante importante de la plante dans son ensemble , mais il faut tenir compte aussi du fait que la plante est un organisme complexe , dont la réaction au sel est sous la dépendance de gènes , dont beaucoup ne peuvent s'exprimer qu'à un certain stade de développement , sur la plante entière , ou sur un organe déterminé .

BIBLIOGRAPHIE

- 1 . ABEL, G.H., and MAC KENZIE, A.J. 1964
Salt tolerance of soybean varieties during germination and later growth .
Crop Sci. 4 (2) : 157 - 161 .
- 2 . AYERS, A.D., and HAYWARD, H.E. 1948
A method for measuring the effects of soil salinity on seed germination with observations on several crops .
Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 13 : 224 - 226 .
- 3 . BERNSTEIN, L., and HAYWARD, H.E. 1958
Physiology of salt tolerance
Ann. Rev. Plant Physiol. 9 : 25 - 46 .
- 4 . DEWEY, R.D. 1960
Salt tolerance of twenty - five strains of agropyrum
Agron. J. 52 : 631 - 635
- 5 . HAYWARD, H.E., and WADLEIGH, C.H. 1949
Plant growth on saline and alkali soils
Adv. Agron. 1 : 1 - 38
- 6 . HENCKEL, P.A., and STROGONOV, B.P. 1961
Physiology of plants consuming saline water .
Salinity problems in the Arid Zones - Proceedings of the Teheran Symposium . 145 - 151 .
- 7 . KADDAH, M.T. 1963
Salinity effects on growth rice at the seedling and inflorescence stages of development .
Soil Sci. 96 : 105 - 111 .
- 8 . MILLINGTON, A.J., BURVILL, G.H., and MARSH, B.a'B. 1951
Salt tolerance , germination and growth tests under controlled salinity conditions .
Jour. Agric. W. Aust. 28 : 198 - 210 .
- 9 . PEARSON, G.A. 1961
The salt tolerance of rice .
I.R.C. News Letter . 10 : 1 - 4 .
- 10 . PEARSON, G.A., AYERS, A.D., and EBERHARD, D.L. 1966
Relative salt tolerance of rice germination and early seedling development .
Soil Sci. 102 (3): 15 - 156 .

- II . REPP, G.I. 1961
The salt tolerance of plants : basis research and tests .
Salinity problems in the arid zones - Proceedings of the
Teheran Symposium . 153 - 161 .
- I2 . SAKAI, K.I., and RODRIGO, M. 1960
Studies on a labor atory method of testing salinity
resi stance in rice varieties .
Trop. Agric. II6 : 179 - 183 .
- I3 , STROGONOV, B.P. 1964
Physiological basis of salt tolerance of plants
Israel Prog. Sci. Transl. , Jérusalem .
- I4 . WAHHAB, A. 1958
Salt tolerance of various varieties of agricultural crops
at the germination stage .
Salinity problems in the arid zones . Proceedings of the
Teheran Symposium . 185 - 192 .

Tableau I

Sensibilité de vingt variétés de riz
 au stade plantule - Rapport $\frac{LS}{LT} \times 100$

N°	Variété	Test N° 1	Test N° 2	Moy. géom.
1	Bellardone	19,4	8,8	11,45
2	Arborio	21,2	7,3	12,44
3	Lady - Wright	23,5	9,9	15,25
4	Arlésienne	30,2	8,6	16,11
5	Cósariot	23,9	11,9	16,86
6	Maratelli	29,4	9,8	16,97
7	Soudan	28,6	12,1	18,60
8	Fanny	30,0	12,2	19,13
9	Rizzotto 75/5	43,5	9,8	20,65
10	Cigalon	31,1	15,8	22,17
11	Allorio 277	35,3	14,0	22,23
12	R.B.	38,9	13,5	22,92
13	Américano I600	37,1	16,9	25,04
14	Toyohikari	33,2	19,5	25,44
15	Panoja I	47,3	14,9	26,55
16	Stirpe I36/7	48,2	19,5	25,44
17	Victoria	46,3	18,8	29,50
18	Early - Colusa	49,2	18,2	29,92
19	Ballila 28	57,2	24,5	37,43
20	Ginga	65,9	28,4	43,26

Tableau II

Sensibilité de vingt variétés de riz pendant
la phase reproductrice - Stérilité %

N°	Variétés	Stérilité % 1 ^o Expérience			Stérilité % 2 ^o Expérience		
		Tem.	Sel	Dif.	Tem.	Sel	Dif.
1	Bellardone	16,5	84,0	17,5	13,3	55,3	42,0
2	Arborio	7,5	20,4	12,9	18,4	13,5	-4,9
3	Lady - Wright	14,3	34,4	19,9	15,8	10,2	-5,6
4	Arlésienne	14,5	26,1	11,6	11,6	26,3	14,7
5	Césariot	17,0	50,8	33,8	8,5	18,6	9,1
6	Maratelli	11,2	91,0	79,8	13,6	42,5	28,9
7	Soudan	9,2	85,4	76,2	12,1	32,4	20,3
8	Fanny	11,2	48,5	37,3	8,2	20,4	12,2
9	Rizzotto 75/5	8,2	42,5	34,3	11,1	23,3	12,2
10	Cigalon	14,0	28,4	14,4	16,3	31,2	14,9
11	Allorio 277	7,2	83,5	76,3	7,1	31,2	24,1
12	R.B.	14,8	38,3	23,5	10,3	20,0	9,7
13	Américano 1600	12,6	84,0	71,4	4,4	31,5	27,1
14	Toyohikari	5,5	34,8	29,3	11,3	27,5	16,2
15	Panoja I	12,8	94,5	81,7	9,7	56,5	46,8
16	Stirpe 136/7	13,5	66,5	53,0	14,4	26,0	11,6
17	Victoria	12,7	100,0	87,3	19,0	45,9	26,9
18	Early - Colusa	12,1	28,1	16,0	12,8	23,9	11,1
19	Ballila 28	17,7	29,8	12,1	13,6	14,0	0,4
20	Ginga	10,8	27,6	16,8	6,1	4,4	-1,7

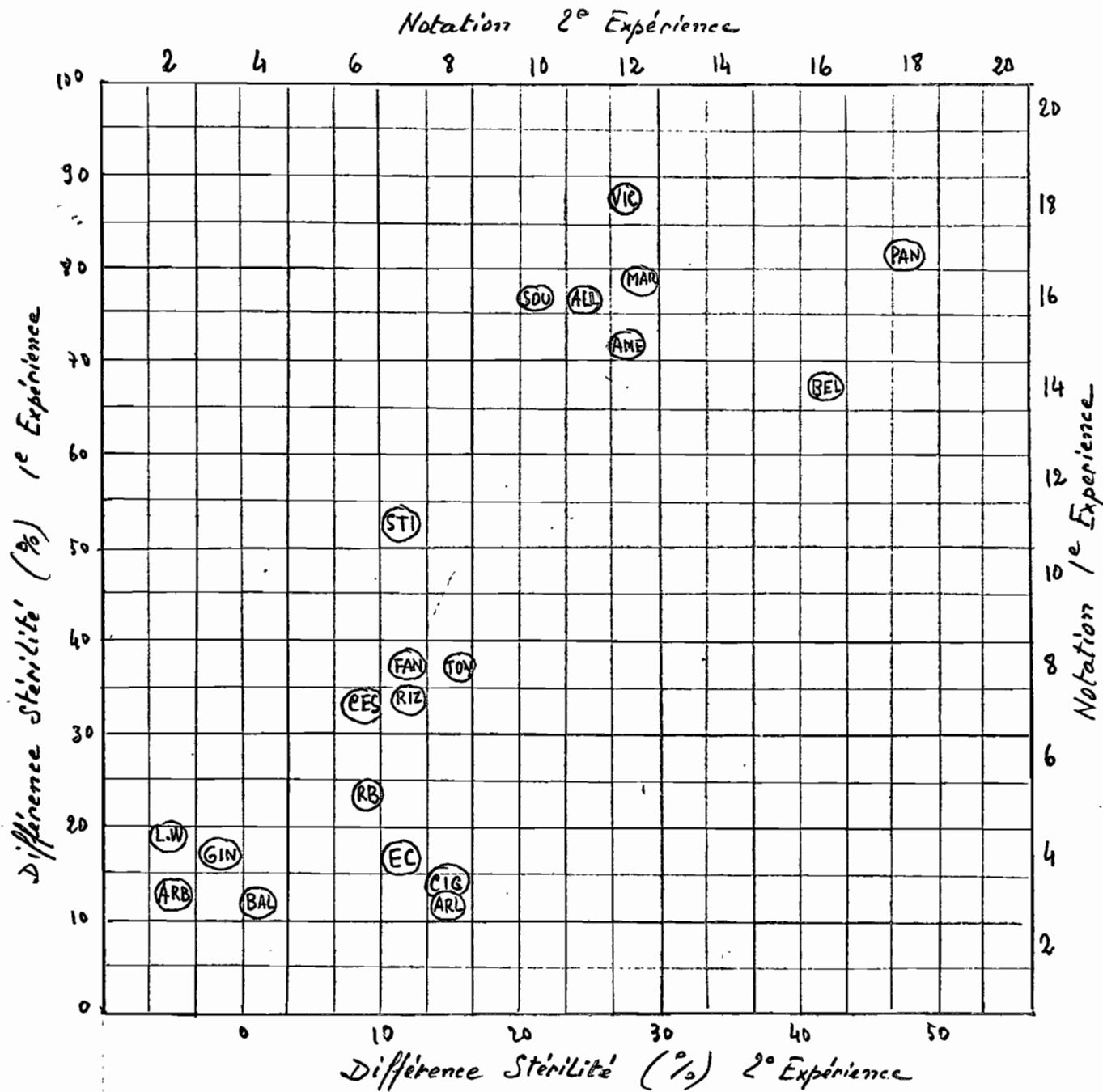
Tableau III

Sensibilité de vingt variétés de riz pendant
la phase reproductrice - Notation I à 20

Variété	code	Dif. Stér. % sel - témoin		Note I à 20			
		I° Exp!	2° Exp!	I° Exp!	2° Exp!	Moy.	
Bellardone	BEL	67,5	42,0	14	16	15,0	
Arborio	ARB	12,9	-4,9	3	2	2,5	
Lady - Wright	L.W.	19,9	-5,6	4	2	3,0	
Arlésienne	ARL	11,6	14,7	3	8	5,5	
Césariot	CES	33,8	9,1	7	6	6,5	
Maratelli	MAR	79,8	28,9	16	12	14,0	
Soudan	SOU	76,2	20,3	16	10	13,0	
Fanny	FAN	36,0	12,2	8	7	7,5	
Rizzotto 75/5	RIZ	31,1	12,2	7	7	7,0	
Cigalon	CIG	14,4	14,9	3	8	5,5	
Allorio 277	ALL	79,4	24,1	16	11	13,5	
R.B.	R.B.	20,4	9,7	5	6	5,5	
Américano I600	AME	72,4	27,1	15	12	13,5	
Toyohikari	TOY	29,4	16,2	6	8	7,0	
Panoja I	PAN	79,9	46,8	16	18	17,0	
Stirpe I36/7	STI	53,0	11,6	11	7	9,0	
Victoria	VIC	88,2	24,0	18	11	14,5	
Early - Colusa	E.C.	18,8	11,1	4	7	5,5	
Ballila 28	BAL	8,7	0,4	2	4	3,0	
Ginga	GIN	16,8	-1,7	4	3	3,5	

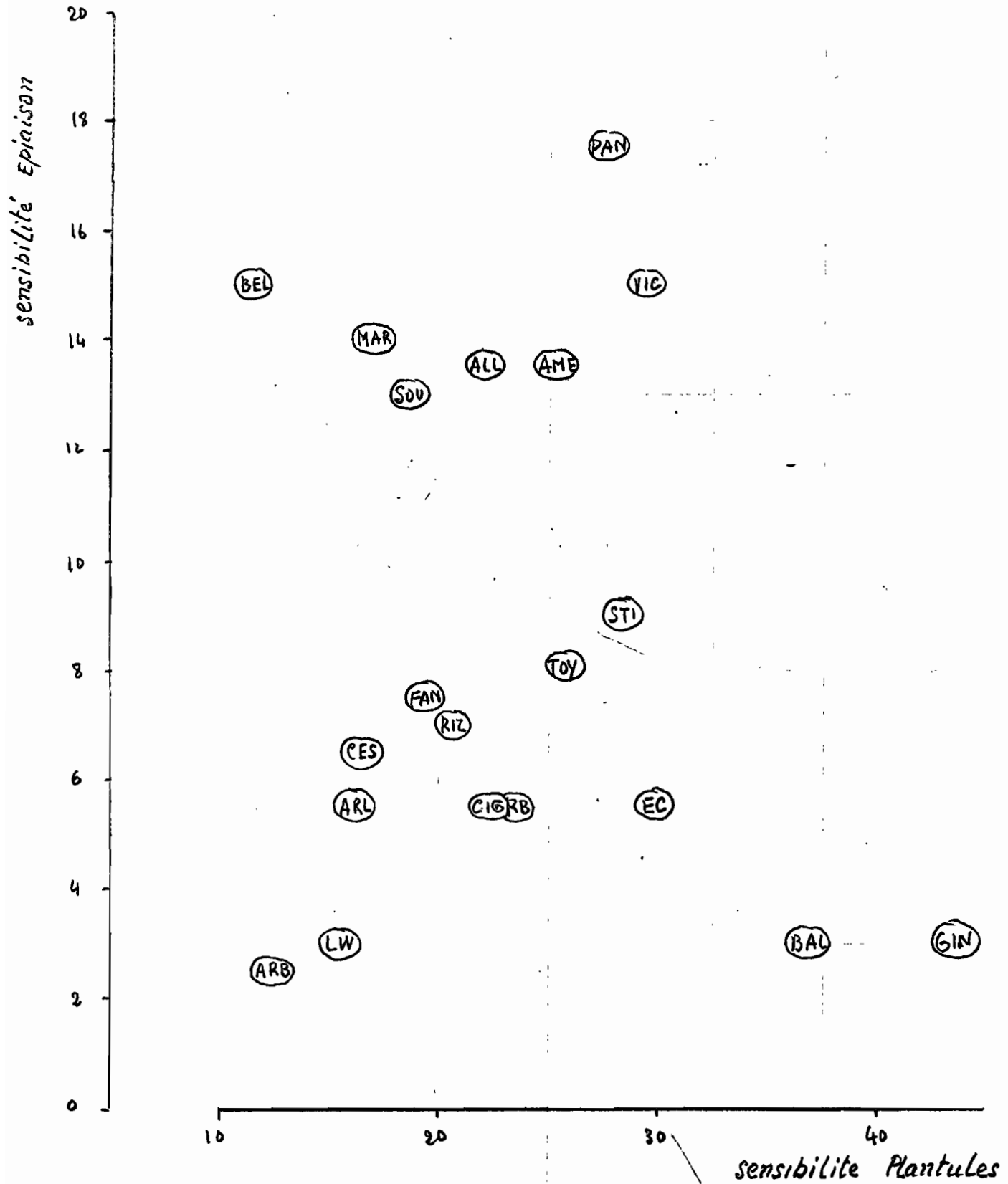
Tests sur 20 variétés pendant la phase reproductive
 Différence de Stérilité (Trait. sel - Témoin) en %

Graphique I



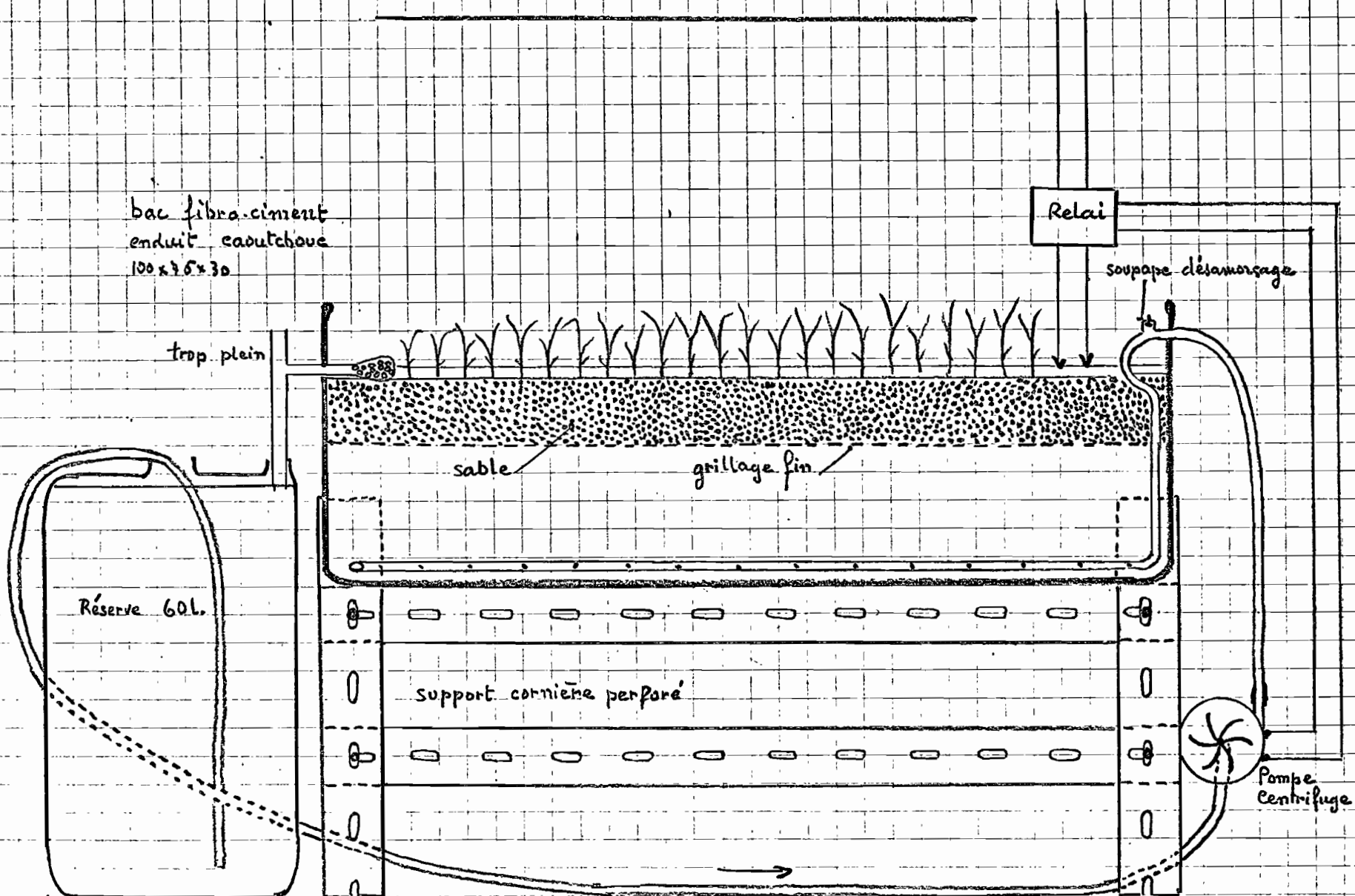
Sensibilité de 20 variétés de riz
au stade plantule et à l'épiaison

graphique II



Installation pour culture de plantules
de riz sur solution à concentration constante

Schéma I



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

