



HAL
open science

Influence de la fertilisation et de la disponibilité en phosphore sur la croissance et la production de tomates

semées

Y. Dumas

► **To cite this version:**

Y. Dumas. Influence de la fertilisation et de la disponibilité en phosphore sur la croissance et la production de tomates semées. 1. Symposium International, Aug 1987, Kecskemet, Hongrie. hal-02780352

HAL Id: hal-02780352

<https://hal.inrae.fr/hal-02780352>

Submitted on 4 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

16 97

INFLUENCE DE LA FERTILISATION ET DE LA DISPONIBILITE
EN PHOSPHORE SUR LA CROISSANCE ET LA PRODUCTION
DE TOMATES SEMEES (*)

Yvon DUMAS
Station d'Agronomie
I N R A
84140 MONTFAVET

Résumé

Pour la tomate de conserve, les prélèvements totaux en P_2O_5 sont assez faibles : environ 1 kg par tonne de fruits. Cependant la disponibilité du phosphore et sa facilité de prélèvement sont importantes pour la très jeune plante afin d'augmenter la précocité de floraison ; pourtant, dans le Sud de la France, les producteurs apportent aux sols de grandes quantités de phosphore (en moyenne $250 \text{ kg } P_2O_5 \cdot \text{ha}^{-1}$) qui, en sols calcaires, devient plus tard insoluble. Or nous devons essayer de réduire les coûts de production et par conséquent de fertilisation.

Des expérimentations en pots et en plein champ ont montré qu'en sol argileux, calcaire et très pauvre en phosphore, il est possible de réduire considérablement les apports de phosphore à une tomate semée en le localisant 5 cm sous la graine ou même directement sur la semence. En effet, à partir de l'équivalent de $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ apportés sous forme de supertriple, on observe une multiplication par 8 de la vitesse de formation de matière sèche et de surface foliaire entre la levée et l'apparition des premiers bouquets qui a lieu alors environ dix jours avant le témoin et seulement 2 ou 3 jours après un traitement avec le même sol largement enrichi. Quand on utilise du phosphate d'ammoniaque, l'avance est plus faible et, à hautes doses ($> 150 \text{ kg } P_2O_5 \cdot \text{ha}^{-1}$, localisé), on observe un retard par rapport au témoin à cause de la salinité.

(*) Traduction en français du texte d'une communication présentée en anglais au 1er Symposium International sur les Légumes pour la Transformation à Kecskemét, Hongrie, 3-7 août 1987. A paraître dans Acta Horticulturae.

Il n'y a pas de différences significatives pour les rendements, sauf pour le témoin qui est pénalisé quand la culture rencontre des conditions de haute température en été, ce qui limite la floraison et la nouaison ; dans le cas contraire, son rendement est équivalent mais plus tardif et la maturation plus étalée.

1. INTRODUCTION

Dans le Sud de la France, la production de tomates de conserve va rencontrer des difficultés économiques, même à l'intérieur de la Communauté Economique Européenne. Il est nécessaire de conserver de bons rendements tout en réduisant les coûts de production, comme le coût de la main d'oeuvre par la mécanisation et aussi le coût d'autres intrants comme la fertilisation. Cet article traitera de ce dernier point en prenant l'exemple du phosphore.

De nombreux auteurs, travaillant généralement avec du sable ou des sols sableux ont établi que la disponibilité et la facilité de prélèvement du phosphore sont importantes pour la très jeune plante (BAKER, 1937 ; WILCOX, 1967 ; FONTES et al., 1984). Or, pour la tomate de conserve, les prélèvements totaux de P_2O_5 sont assez faibles : environ 1 kg par tonne de fruits. Curieusement, dans le Sud de la France, les producteurs apportent de grandes quantités de phosphore (en moyenne $250 \text{ kg } P_2O_5 \cdot \text{ha}^{-1}$) à des sols qui n'en ont pas besoin dans la moitié des cas ; de plus, une forte proportion du phosphore apporté devient plus tard insoluble dans les sols calcaires (BLANCHET et al., 1971, 1982). Ainsi l'objectif de notre travail est de montrer que cette situation contradictoire peut être résolue, même dans des sols pauvres, et de connaître comment et jusqu'à quel niveau on peut diminuer l'apport de phosphore sans trop réduire le rendement, dans le cas d'une culture conduite mécaniquement, récolte comprise, avec un semis directement dans le champ et toutes techniques permettant de réduire les coûts.

2. MATERIEL ET METHODES

Deux types d'essais ont été faits : en pots sous serre et au champ, en utilisant, dans chaque cas, un dispositif en blocs. Le même sol, lourd et calcaire formé sur des dépôts alluviaux récents près d'Avignon, fut utilisé dans chaque cas ; ses caractéristiques sont décrites dans le tableau 1 et il apparaît particulièrement pauvre en phosphore. La variété de tomate de conserve fut toujours Earlymech.

2.1. Les expérimentations sous serre furent conduites en 1985-86-87 entre février et mai, avec des conditions de température proches de celles que connaissent les tomates semées dans les champs. Les graines de tomates furent placées dans des pots cylindriques d'environ 10 kilogrammes ; trois jeunes plantes furent

conservées sur la ligne après la levée, correspondant à une densité de 15 plantes (m²)⁻¹ au champ. Ni N ni K ne furent ajoutés au sol ; de l'eau fut apportée dans les pots chaque jour, ou presque, en les ramenant à un poids constant. Les plantes ont généralement été coupées à l'apparition des premières fleurs. Les principaux traitements utilisés seront présentés dans les paragraphes 3.1 et 3.2.

2.2. Au champ, la surface de chaque parcelle était d'environ 50 m². La culture fut conduite exactement comme en grandes parcelles grâce au même équipement qu'un producteur, avec le souci de diminuer le coût des facteurs de production : mécanisation (simulation pour la récolte), réduction des intrants, en particulier pas de potassium (sol assez riche) et seulement 50 N.ha⁻¹, en tenant compte de reliquats de nitrates et de la minéralisation dans le sol.

3. RESULTATS

Nous présentons ici les principaux résultats des différentes expérimentations sous forme synthétique.

3.1. Intérêt de la localisation de quantités modérées de phosphore pour les jeunes plants de tomate semée

Dans une expérimentation en pots sous serre, en utilisant un sol considéré comme très pauvre en phosphore (100 ppm extraits à l'oxalate d'ammonium), diverses doses de phosphore ont été testées suivant différents types de localisation : a) 50-100-150 P₂O₅ (équivalent kg.ha⁻¹) localisé sous la ligne, entre 7 et 10 cm de la surface et sur une largeur de 7 cm ; b) 50-100-150 P₂O₅ localisé directement sur les semences sur une largeur de 3 cm environ ; c) 50-100-150-200-300 P₂O₅ mélangé à la couche de surface sur 0-10 cm ; d) 50-100-150-200-220-330-440-660 P₂O₅ mélangé sur toute l'épaisseur du sol dans le pot (0-22 cm). On a utilisé une forme commerciale de superphosphate triple solide.

On a pu observer les premières différences dès la sortie de la seconde feuille vraie, à travers les dimensions des plantes (hauteur, longueur des feuilles) et leur couleur : le violet indique très rapidement une déficience de l'alimentation phosphatée.

Le tableau 2 montre, pour tous les traitements, la production de matière sèche aérienne, 35 jours après la levée, c'est-à-dire à l'apparition des premières fleurs des traitements les plus en avance. Pratiquement tous les traitements

localisés sont équivalents à 660 P_2O_5 sur 0-22 cm. Il existe un rapport de 10 entre le témoin et le premier groupe de résultats (notés a). Il est aussi intéressant de noter qu'il existe en gros une relation positive entre la concentration en P_2O_5 créée dans le sol près des très jeunes racines et l'élaboration de matière sèche, ce qui illustre une influence plus grande de la disponibilité en phosphore dans un très petit volume de sol (25 m³ par hectare pour la localisation sous la ligne et 5 fois moins pour la localisation sur les graines) que de la quantité apportée sur une surface donnée.

La vitesse de formation de surface foliaire est considérablement accrue (figure 1) même avec de petites quantités de phosphore pourvu qu'elles soient localisées : ainsi, par rapport au témoin, elle est multipliée par 2 avec 50 P_2O_5 mélangé sur 0-10 cm ou sur 0-22 cm, ce qui montre que le sol est très pauvre, mais elle est multipliée par 6 avec 50 P_2O_5 sous la ligne (résultat équivalent à 300 P_2O_5 sur 0-10 cm) et par 8 avec 50 P_2O_5 sur les semences (résultat équivalent à 660 P_2O_5 sur 0-22 cm).

Cette influence est aussi très grande si on considère le développement, illustré par le nombre de bouquets apparus après 35 jours de croissance (tableau 3). Seuls les principaux traitements ont été représentés ici. On peut noter aussi que le degré de disponibilité du phosphore a, de la même manière, une influence sur la date d'apparition des premiers bouquets (écart maximum de 10 jours pour le stade 1 bouquet par plante) et sur la vitesse d'apparition des bouquets suivants (de 0.17 bouquet par jour et par plante pour le témoin à 0.75 bouquet par jour pour les meilleurs traitements). Cependant, après le troisième ou quatrième bouquet par plante, le témoin montre à son tour une forte vitesse d'élaboration des bouquets.

Des différences plus marquées apparaissent pour la formation de matière sèche dans les racines (tableau 4). Les quatre traitements 100 et 150 P_2O_5 localisés donnent des résultats particulièrement élevés, suggérant une stimulation de la croissance racinaire en comparaison, par exemple, au traitement 660 P_2O_5 sur 0-22 cm. Ceci est très important pour l'alimentation de la plante, aussi bien pour l'eau que pour les éléments minéraux (BOSC et al., 1985).

3.2. Influence de la forme du phosphore

Plusieurs essais en pots sous serre ont montré l'importance de la forme du phosphore sur la réponse de la plante, en comparant le superphosphate triple et le phosphate d'ammoniaque.

Quand on utilise une solution de phosphate d'ammoniaque directement sur les graines, on peut observer une réduction de la levée, s'amplifiant avec la dose appliquée (figure 2), qui n'apparaît pas avec un superphosphate triple. Cette réduction existe encore avec un engrais solide mais elle est moins importante.

Le tableau 5 nous permet de comparer l'influence de diverses doses de phosphore apporté comme superphosphate ou comme phosphate d'ammoniaque sur la précocité des plantes (stade 4 bouquets). On retrouve ici l'influence favorable d'un apport de phosphore, même pas très important (50 et 100 P_2O_5) et même sur un sol riche avec un superphosphate. Mais on peut aussi constater un moins bon résultat quand on utilise un phosphate d'ammoniaque et même un très mauvais effet avec de grosses doses ; dans un sol pauvre le résultat est plus mauvais que celui du témoin, avec des couleurs violettes et un faible développement ; cet effet négatif est atténué dans un sol riche.

On peut penser que ces perturbations sont dues à la toxicité ammoniacale dont on sait qu'elle diminue la matière sèche produite en culture sur sable avec solution (WILCOX et al., 1985). Mais dans les pots remplis avec du sol et dans nos conditions de travail, il y a peu de chance de conserver de grandes quantités d'ammonium, qui est rapidement transformé en nitrates ; nous avons montré en fait un grand accroissement de la teneur en nitrates, jusqu'à 300 et 600 ppm d'azote nitrique à l'endroit où le phosphate d'ammoniaque avait été localisé respectivement à l'équivalent de 100 kg et 200 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, et même au-dessous ; ces accumulations de nitrates sont accompagnées de fortes salinités (0,60 m.siemens pour le niveau 100 et 1,1 m.siemens pour 200) qui perturbent le fonctionnement de la plante, surtout à un stade jeune.

3.3. Résultats en plein champ

Deux expérimentations plus simples furent réalisées en plein champ en 1985-86 pour tester la localisation du phosphore sous la ligne en comparaison avec un enrichissement du sol sur 10 ou 15 cm au moment du travail superficiel. Elles ont confirmé les principaux résultats présentés ci-dessus dans le paragraphe 3.1., c'est-à-dire le grand intérêt de placer par exemple une dose de 100 P_2O_5 (superphosphate) sous la ligne du point de vue de la précocité de floraison, ce qui est important sous nos conditions climatiques pour échapper aux hautes températures de la fin de juillet car elles peuvent réduire les rendements si la culture est encore en floraison ; ce gain de précocité de floraison peut être réduit de quelques jours s'il y a apparition temporaire de basses températures ($< 12-13^\circ C$) limitantes avant les premiers bouquets (fin mai, début juin), l'alimentation phosphatée étant

diminuée quelle que soit la concentration (LOCASCIO et al., 1960 ; CORNILLON et al., 1984). On peut noter que la forte disponibilité en phosphore a un effet favorable sur la précocité de maturation (quelques jours) et son groupement, ce qui est bon pour une récolte mécanique.

On n'a pas observé de différences significatives pour les rendements (75 t.ha^{-1}), sauf pour le témoin qui a été pénalisé (65 t.ha^{-1}) quand la culture a connu des conditions de haute température en été limitant la floraison et la nouaison (1986) ; dans le cas contraire son rendement fut équivalent mais plus tardif et avec une maturation plus étalée.

4. DISCUSSION

Les résultats présentés ici confirment l'importance d'une utilisation facile du phosphore par le très petit système racinaire de jeunes tomates. Il semble particulièrement intéressant d'atteindre ce but par une mise en place judicieuse de doses modérées de phosphate soluble dans la zone de sol où les jeunes racines commenceront à croître. En effet, si on se place du point de vue de l'efficacité, cela semble être une meilleure solution que l'enrichissement du sol par de fortes doses de P_2O_5 (CSERNI, 1983). En conséquence, la technique qui consiste à localiser du phosphore en bandes étroites 5-6 cm sous la ligne de semences ou directement sur les semences, à une dose de 100 ou même de $50 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$, par exemple, en utilisant du superphosphate triple plutôt que du phosphate d'ammoniaque, donne de bons résultats selon différents points de vue :

- . forte vitesse de production de matière sèche et spécialement de surface foliaire, ce qui est important pour l'interception de l'énergie solaire mais aussi pour la compétition contre les adventices.

- . forte vitesse de formation de racines, ce qui est fondamental plus tard pour l'alimentation de la plante ; l'intensité de prélèvement du potassium dépend de la vitesse de croissance des racines et pour le phosphore de leur longueur et de leur surface (BOSC et al., 1985), pourvu qu'elles soient dans de bonnes conditions de profil de sol : structure et humidité favorables.

- . forte vitesse de formation des bouquets qui donne une meilleure précocité de floraison et peut permettre une meilleure élaboration du rendement, plus groupé, et éviter des hautes températures limitantes en été.

La localisation du phosphore sur les graines, à 2 ou 3 cm de profondeur, peut être réalisée sans aucun problème au semis ; cependant, si le sol se dessèche en surface, la disponibilité du phosphore peut être diminuée, mais ceci ne sera pas fréquent car le succès du semis impose de conserver une humidité du sol assez constante. La localisation sous la ligne doit être exécutée à la dernière préparation du sol : on peut rencontrer quelques difficultés à obtenir un résultat précis et homogène dans un sol lourd et humide. Pourtant, en grandes parcelles sur notre sol argileux, pauvre en phosphore, et par localisation sous les graines, nous avons montré la possibilité de diviser par 2 ou 3 les quantités de phosphore traditionnellement appliquées, avec un rendement de 75-80 t.ha⁻¹ de fruits.

FOX et KANG (1978), travaillant sur la nutrition phosphatée du maïs sur un sol sableux, ont montré, aussi, que la réponse à la fertilisation phosphatée était la plus forte au début de la croissance et diminuait en fin de culture, mais sont arrivés à la conclusion qu'aucune économie majeure d'engrais ne peut être réalisée à travers une localisation de phosphate. En fait nous avons eu le même type de réponse de la plante, mais il semble que, avec des tomates semées, il soit possible d'obtenir un résultat satisfaisant pour le développement de la culture et le rendement tout en évitant beaucoup de gaspillage. Cependant il est nécessaire d'entreprendre d'autres essais sur différents types de sols et au cours d'années variées pour confirmer ou modifier ces résultats.

BIBLIOGRAPHIE

- Baker, C.E., 1937. Early fruiting of tomato as induced by the use of soluble phosphate. *Proc.Amer.Soc.Hort.Sci.* 35:668-672.
- Blanchet, R., et al., 1971. Vieillessement d'engrais phosphatés dans le sol et conduite de la fertilisation. *Ann.Agron.* 22(6):687-703.
- Blanchet, R., Bosc, M., Maertens, C., 1982. Les états physico-chimiques du milieu et la nutrition minérale des plantes. *Bulletin Technique d'Information* 370/372:393-399.
- Bosc, M., Callot, G., Jailland, B., Maertens, C., 1985. Fonctionnement des racines dans le profil de sol. *Cultivar, spécial sols et sous-sols*, juin 1985, n° 184.
- Cornillon, P., Maisonneuve, B., 1985. Effet de basses températures appliquées aux parties aérienne ou racinaire de la tomate sur l'absorption d'éléments minéraux et la fertilité pollinique. *Agronomie* 5(1):33-38.
- Cserni, I., 1983. A talaj Al-oldható foszfortartalmának alakulása évenkénti és fetöltő műtrágyázás esetén lepelhomoktalajon. *Agrokémia és talajtan.* Tom 32. n° 1-2:97-119.
- Fontes, C.R., Wilcox, G.E., 1984. Growth and phosphorus uptake by tomato cultivars as influenced by phosphorus concentrations in soil and nutrient solution. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 109(5):633-636.
- Fox, R.L., Kang, B.T., 1978. Influence of phosphorus fertilizer placement and fertilization rate on maize nutrition. *Soil Science*, Vol. 125, n° 1, 34-40.
- Locascio, S.J., Warren, G.F., 1960. Interaction of soil temperature and phosphorus on growth of tomatoes. *Proc.Amer.Soc.Hort.Sci.* 75:601-610.
- Wilcox, G.E., 1967. Effect of phosphorus fertilization on tomato seedling growth rate. *Proc.Amer.Soc.Hort.Sci.* 90:330-334.
- Wilcox, G.E., Magalhaes, J.R., Silva, F.L.I.M., 1985. Ammonium and nitrate concentrations as factors in tomato growth and nutrient uptake. *Journal of Plant Nutrition* 8(11):989-998.

Tableau I - Caractéristiques du sol utilisé dans les expérimentations

Granulométrie (%)	< 0.002 mm	5 30
	0.002 à 0.020 mm	320
	0.020 à 0.050 mm	40
	0.050 à 0.200 mm	75
	0.200 à 2.000 mm	35
CaCO ₃ (‰)		250
Matière organique (‰)		20
Azote total (‰)		1,2
P ₂ O ₅ (extract.amm.oxalate) ‰		0,10
Capacité d'échange me/100 g		25
K ⁺ me/100 g		1,2
Mg ⁺⁺ me/100 g		3,0

Tableau 2 - Influence de la dose appliquée et de la localisation du phosphore (superphosphate triple en granulés) sur la production de matière sèche par plant de tomates semées, 35 jours après la levée, en pots sous serre

Traitements	Matière sèche aérienne (g)	groupes homogènes (1)
100 P ₂ O ₅ sous la ligne	3.11	a
150 P ₂ O ₅ sous la ligne	3.09	a
100 P ₂ O ₅ sur les semences	3.07	a
150 P ₂ O ₅ sur les semences	2.93	a
50 P ₂ O ₅ sur les semences	2.62	ab
660 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-22 cm	2.50	ab
50 P ₂ O ₅ sous la ligne	2.26	bc
440 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-22 cm	2.12	bc
300 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-10 cm	2.11	bc
330 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-22 cm	1.60	cd
150 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-10 cm	1.60	cd
200 P ₂ O ₅ mélangé sur 0.10 cm	1.33	de
220 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-22 cm	1.11	def
150 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-22 cm	0.85	efg
100 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-22 cm	0.82	efg
100 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-10 cm.	0.80	efg
50 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-10 cm	0.62	fg
50 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-22 cm	0.61	fg
0 P ₂ O ₅	0.27	g

(1) Test Newman-Keuls 1 %

Tableau 3 -Influence de la dose appliquée et de la localisation du phosphore (superphosphate triple en granulés) sur le nombre de bouquets par plant de tomates semées, 35 jours après la levée, en pots sous serre (chaque nombre est une moyenne pour 15 plantes)

Traitements	Nb.de bouquets	Groupes homogènes (1)
100 P ₂ O ₅ sous la ligne	9.04	a
150 P ₂ O ₅ sur les semences	7.66	ab
150 P ₂ O ₅ sous la ligne	7.66	ab
660 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-22 cm	7.33	ab
50 P ₂ O ₅ sur les semences	7.13	ab
100 P ₂ O ₅ sur les semences	6.60	abc
440 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-22 cm	6.38	bc
300 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-10 cm	6.20	bc
50 P ₂ O ₅ sous la ligne	5.74	bc
330 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-22 cm	5.08	bc
200 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-10 cm	4.16	c
0 P ₂ O ₅	1.39	d

(1) Test Newman-Keuls 1 %

Tableau 4 - Influence de la dose appliquée et de la localisation de phosphore (superphosphate triple en granulés) sur la matière sèche des racines par pot (pour 3 plants) pour des tomates semées, 35 jours après la levée, sous serre

Traitements	matière sèche des racines(g)	groupes h o m o g è n e s (1)
100 P ₂ O ₅ sous la ligne	2.37	a
150 P ₂ O ₅ sur les semences	2.08	ab
150 P ₂ O ₅ sous la ligne	2.01	ab
100 P ₂ O ₅ sur les semences	1.91	abc
660 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-22 cm	1.59	bcd
50 P ₂ O ₅ sur les semences	1.52	bcd
300 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-10 cm	1.43	bcd
440 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-22 cm	1.36	bcd
50 P ₂ O ₅ sous la ligne	1.34	bcd
330 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-22 cm	1.09	cd
200 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-10 cm	0.88	d
0 P ₂ O ₅	0.15	e

(1) Test Newman-Keuls 1 %

Tableau 5 - Influence de la dose et de la forme de phosphore en granulés placé 5 cm sous la ligne des semences de tomate sur la précocité du stade 4 bouquets par plante (retard en jours par rapport aux traitements les plus précoces notés zéro)

Traitements	Retard de l'apparition du stade 4 bouquets par plante (jours)					
	0	3	8	12	15	22
Témoïn : 0 P ₂ O ₅		o		x		
Superphosphate triple (equivalent kg.ha ⁻¹)						
50 P ₂ O ₅	o	x				
100 P ₂ O ₅	o	x				
150 P ₂ O ₅	x					
200 P ₂ O ₅	x					
Phosphate d'ammoniaque (equivalent kg.ha ⁻¹)						
50 P ₂ O ₅		o	x			
100 P ₂ O ₅		o	x			
150 P ₂ O ₅					x	
200 P ₂ O ₅						x

x : teneur initiale du sol : 100 ppm P₂O₅

o : teneur initiale du sol : 300 ppm P₂O₅

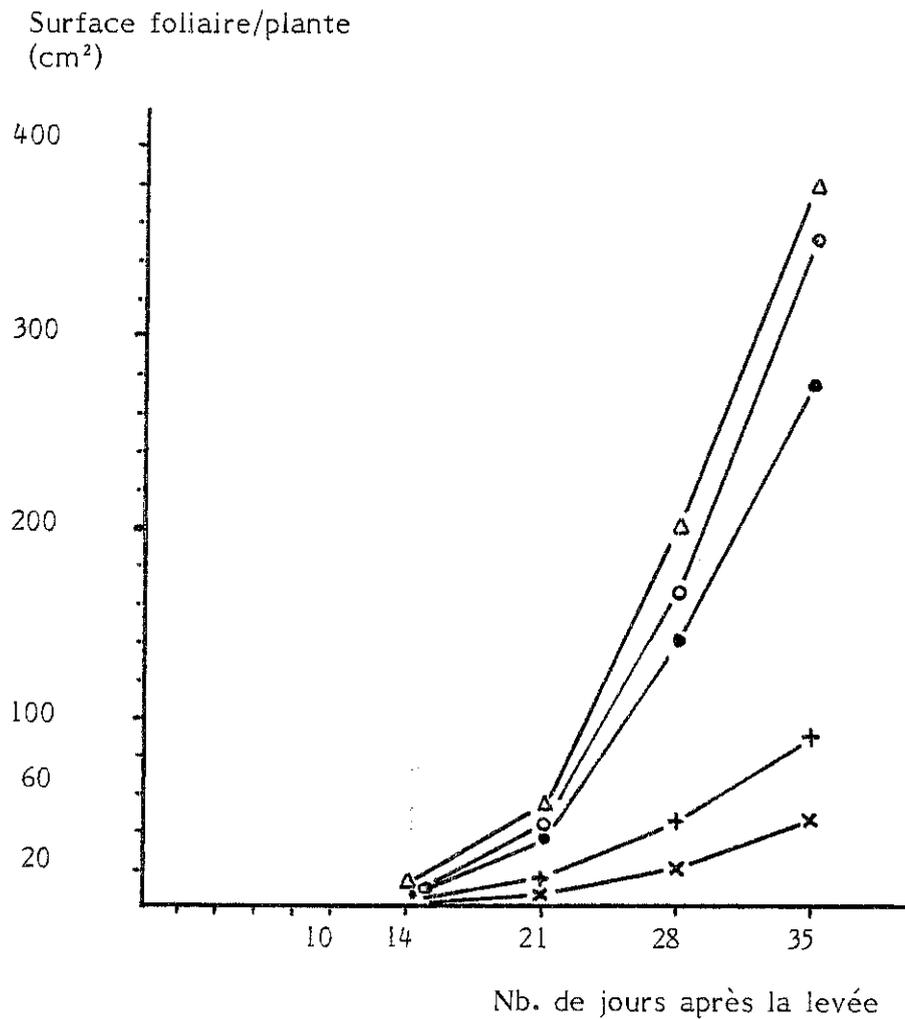


Figure 1 - Influence de la dose appliquée et de la localisation du phosphore (superphosphate en granulés) sur l'évolution de la surface foliaire de semis de tomate

- | | | | |
|---|--|---|--|
| x | 0 P ₂ O ₅ | ◊ | 50 P ₂ O ₅ sur les semences
660 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-22 cm |
| + | 50 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-10 cm
50 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-22 cm | ◻ | 100 P ₂ O ₅ sous la ligne
100 P ₂ O ₅ sur les semences
150 P ₂ O ₅ sous la ligne
150 P ₂ O ₅ sur les semences |
| • | 50 P ₂ O ₅ sous la ligne
300 P ₂ O ₅ mélangé sur 0-10 cm | | |

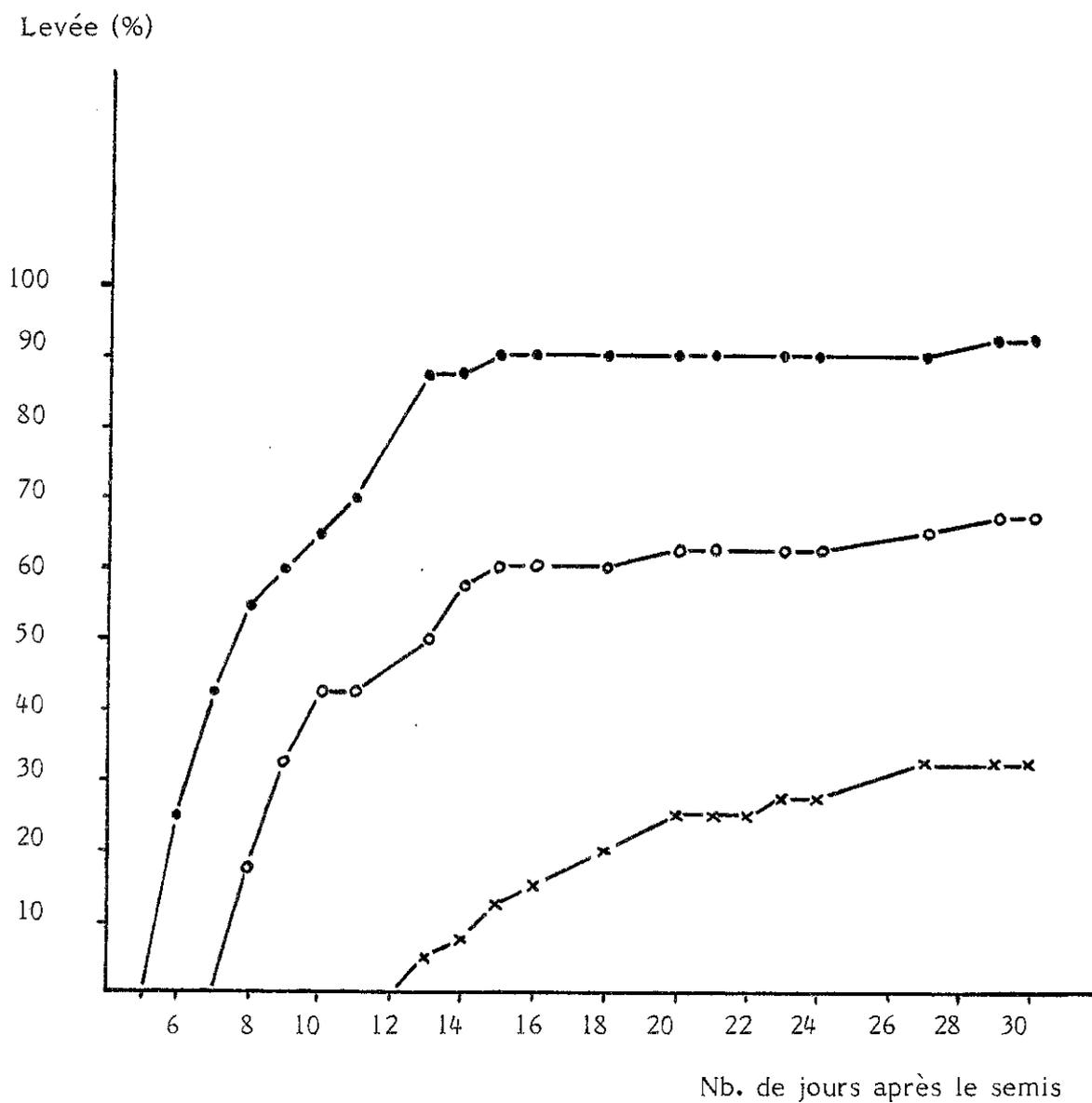


Figure 2 - Influence de la dose de phosphate d'ammoniaque en solution, localisé sur les graines de tomates, sur la levée des plantules

- 0 P₂O₅
- 46 P₂O₅, 18 NH₄ (équivalent kg.ha⁻¹)
- × 92 P₂O₅, 36 NH₄ (équivalent kg.ha⁻¹)