



**HAL**  
open science

## Conditions d'absorption du phosphore en irrigation localisée

R. Guennelon, Robert Habib

► **To cite this version:**

R. Guennelon, Robert Habib. Conditions d'absorption du phosphore en irrigation localisée. Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France, 1979, 65 (17), pp.1453-1459. hal-02729185

**HAL Id: hal-02729185**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02729185>**

Submitted on 2 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.

## ACADÉMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE

Extrait du procès-verbal de la Séance du 5 Décembre 1979

pp. 1453 à 1459

CONDITIONS D'ABSORPTION  
DU PHOSPHORE EN IRRIGATION LOCALISÉE

par R. Guennelon et R. Habib

(Note présentée par M. Hénin)

## RÉSUMÉ

L'utilisation des phosphates solubles en irrigation localisée est souvent déconseillée du fait de la faible mobilité de l'anion  $PO_4$ . Si cet argument est à retenir, il n'en reste pas moins que cet élément peut se retrouver en assez grandes quantités dans la zone la plus voisine du goutteur, en particulier sur la verticale de celui-ci; en effet, jusqu'à 30-40 cm, même pour des sols lourds, il existe une porosité structurale suffisante pour permettre des transferts relativement rapides en saturé, au moins au début du fonctionnement de l'irrigation. Or l'expérience décrite montre que l'absorption de  $PO_4$  est hautement improbable quand le taux de saturation hydrique du sol est élevé, alors qu'elle est effective et rapide lorsqu'on situe l'implantation de  $PO_4$  à la limite de la zone intéressée par l'apport d'eau.

## SUMMARY

*Introducing the use of solute phosphate with drip irrigation may be an unsatisfying practice on account of the very weak mobility of  $PO_4$  anion. Nevertheless P can move down to 30-40 cm depth by following the saturated flux along earthworms holes or cracks, or by displacement in very narrow structural porosity, even in heavy soils. In this case roots cannot easily absorb  $PO_4$  from soil solution, as soon as the soil is quite saturated. On the other hand, it seems that P absorption occurs very quickly and easily when the implantation of  $^{32}P$  tagged solution is carried out at the border of zone which is concerned by the irrigation effects.*

La solution au problème de l'utilisation d'engrais phosphatés solubles en irrigation localisée se heurte aux particularités de la dynamique de l'ion  $PO_4$  fortement adsorbé, par exemple, en sols argilo-calcaires. L'utilisation de glycerophosphates, solubles, par ailleurs très onéreuse, ne semble pas résoudre la difficulté que représente la faible distance de migration de cet anion (Rauschkolb, 1976). Dans l'état actuel de la question, sauf s'il existe des cheminements rapides préférentiels (qui

d'ailleurs ne fonctionneraient qu'en conditions saturées), il semble que cette distance n'excède pas 15-20 cm à partir du point d'injection dans la majorité des cas. Nous avons donc entrepris une étude concernant les conditions dans lesquelles les végétaux pérennes peuvent absorber le phosphore amené dans l'eau d'irrigation, en examinant, en premier lieu, l'influence du taux de saturation du sol en eau sur cette absorption.

### CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

En effet, en irrigation localisée, une partie de la zone intéressée par l'apport d'eau peut se trouver dans des conditions d'humidité proche de la saturation, dans le voisinage du point d'apport d'eau, ou en profondeur, à la verticale de ce point, selon les caractéristiques hydro-dynamiques du sol et les modalités d'apport d'eau. C'est dans cette zone où les vitesses de transfert des solutés sont les plus grandes que l'on risque de trouver les plus fortes concentrations en phosphates solubles, susceptibles d'être ou non absorbées par les racines, avant adsorption et fixation sur le sol. Il importe donc de connaître la disponibilité de cet élément à ce niveau, afin d'estimer à sa juste valeur l'efficacité de la fumure phosphatée.

L'expérimentation a été réalisée sur un verger de pommiers de 6 ans, planté en écartements 4 m  $\times$  4,5 m, et conduit en ce qui concerne l'irrigation et la fertilisation de trois manières différentes :

- a) en aspersion avec engrais en couverture,
- b) en irrigation localisée avec engrais en couverture,
- c) en irrigation localisée avec engrais dans l'eau d'irrigation.

Dans les deux derniers cas, chaque arbre dispose d'un goutteur unique situé à 0,80 m du tronc sur la ligne de plantation. L'irrigation est une irrigation d'appoint durant la période mai-septembre : la dose est de 50 % de l'E.T.P. de la journée précédente, appliquée durant 8 à 10 h par jour, à raison de 6 l. h<sup>-1</sup> par arbre.

Des études antérieures (Henion, 1976 ; Cabibel, 1978) réalisées sur ce verger ont permis, par des observations directes, de connaître la répartition racinaire et de vérifier que l'implantation des racines n'avait pas été sensiblement influencée par le mode d'irrigation, de sorte que la probabilité de trouver des racines en un site donné de sol ne dépendait pas de la localisation de ce site par rapport au goutteur (ni, *a fortiori*, de l'existence ou non d'un goutteur).

### JUSTIFICATION DE LA MÉTHODE D'INJECTION DE $^{32}\text{P}$

L'expérimentation prévue a comporté un essai préalable, destiné à valider le protocole expérimental utilisé. En effet, celui-ci doit être tel, que pour des conditions physiques favorables d'absorption de P, on ait une probabilité élevée que du  $^{32}\text{P}$  soit absorbé moins de deux heures après son injection dans le sol, à la profondeur choisie (— 35 cm) ; il faut donc être certain d'avoir fait l'injection à l'emplacement d'une racine active.

Pour cela, on teste une couche du sol de 2 m de rayon, centrée sur l'arbre, supposée décomposée en N volumes élémentaires (volume intéressé par l'injection) ; la probabilité d'une réponse positive sur N' volumes élémentaires est  $N'/N$ , représente la probabilité d'avoir au moins une racine active au point d'injection. En fait, il n'est pas possible de tester les N volumes considérés, c'est-à-dire toute la couche de sol et on ne peut estimer la probabilité recherchée que devant un échantillonnage réduit qui fournira les estimations  $\hat{q}$  et  $q$  des paramètres  $p$  et  $q$  d'une loi binomiale exprimant la fréquence  $p$  d'une réponse positive et la fréquence  $q = 1 - p$  d'une réponse non positive. On a donc sur la partie du verger traitée en aspersion, avec un sol ressuyé et un apport de phosphore à une période où l'absorption est importante, réalisé un essai portant sur 20 arbres ; la surface testée était celle comprise dans un secteur circulaire de  $120^\circ$ , centré sur l'arbre, axé sur la ligne de plantation, et au sein duquel on a tiré au hasard 20 implantations dont la distance à l'arbre varie de 50 à 200 cm. Sur les 20 arbres testés, les réponses sont telles que l'on peut toujours conclure à une absorption de  $^{32}\text{P}$ . Dans ces conditions, l'estimateur  $p \geq 0,83$  : au minimum 83 % de la couche testée contient au moins une racine active. En d'autres termes, dans le cas d'une seule injection, la probabilité qu'une réponse nulle de l'arbre soit due à l'absence de racines actives n'est que de 0,17 au plus.

Comme on a effectué, pour les essais suivants, 8 répétitions, cette probabilité tombe à moins de  $10^{-8}$  (le risque testé étant de 5 %).

La même expérimentation sur le verger traité en irrigation localisée, effectuée avant le démarrage de l'irrigation conduit aux mêmes résultats. On peut en conclure que l'irrigation localisée, en tant qu'apport d'appoint, n'introduit pas de différenciation spécifique du système racinaire, qui se traduirait par une diminution du paramètre  $\hat{p}$ , dans le cas du verger en aspersion (c'est-à-dire une réponse positive sur moins de 20 arbres) par rapport au verger en irrigation localisée. La présence d'une

## MISE EN ÉVIDENCE DE L'ABSORPTION DE $PO_4$

Afin de tester la faculté d'absorption d'une racine pour l'acide phosphorique dans les conditions hydriques données, on a utilisé de l'acide phosphorique marqué au  $^{32}P$  sans entraîneur sous forme  $PO_4H_3$  en solution  $HCl$  0,01 N à raison d'une mCie par arbre (en un seul ou en plusieurs points d'apport). La solution initiale est diluée de manière à injecter 5 ml suivis de 2 rinçages du tube d'injection de 5 ml d'eau chacun ; cet apport est effectué en introduisant dans le sol un tube en plastique de 12 mm de diamètre, jusqu'à la profondeur de 35 cm qui se situe au milieu du niveau 25-45 cm le plus fortement colonisé par les racines. Le volume de sol intéressé par cet apport d'eau, pour un sol à la capacité de rétention, n'excède pas, en théorie, un bulbe de 10 cm dans sa plus grande dimension. Pour un sol saturé, on peut avoir un effet plus important, mais qui se traduira par un effet piston sans une dispersion notable du phosphore. De plus, compte tenu de la très faible concentration en P, la localisation de cet élément tend à une adsorption immédiate, et la disponibilité du  $^{32}P$  est due à un échange isotopique avec le phosphore de la solution du sol, dans un volume réduit. La réponse de l'arbre (uniquement qualitative, du type oui-non) est mise en évidence par prélèvement et mesure de la radioactivité de 20 feuilles, délibérément choisies dans les zones des parties aériennes où, deux heures après l'injection au sol, un compteur portable indique une augmentation, plus ou moins significative, du taux de radioactivité. Les radioactivités des feuilles ainsi récoltées sont ensuite mesurées dans un compteur à flux gazeux à bas bruit de fond. Un tel procédé avait déjà été utilisé au cours d'essais antérieurs dont les résultats justifiaient la présente étude. Bien évidemment, il n'y a pas de rapport quantitatif utilisable entre les réponses obtenues et la quantité de P injecté. De plus, même en utilisant une activité élevée à chaque injection, la réponse notée sur les arbres est le plus souvent faible et sujette à de très fortes variations. Le potassium 40 présent dans les échantillons végétaux crée un bruit de fond non négligeable (de l'ordre de 30 CPM) et variable. La méthode d'analyse statistique des données a donc consisté en une comparaison par paires, en mesurant la radioactivité d'un échantillon de feuilles prélevées, juste avant l'injection au sol, et celle de l'échantillon prélevé deux heures après cette injection.

seule racine active ou d'un chevelu racinaire dense dans un volume élémentaire ne joue pas sur l'interprétation : le taux de comptage n'intervient que pour fixer le seuil bas de la réponse logique à l'injection.

Il est bien évident que toute étude concernant un autre type de sol, de matériel végétal, un autre élément dont on veut tester la disponibilité, devrait être précédée d'un essai analogue à celui rapporté ci-dessus, pour déterminer la probabilité de rencontrer des racines actives et fixer les conditions de réalisation matérielle et d'interprétation statistique de l'essai proprement dit.

#### EXISTENCE D'UNE ABSORPTION EN FONCTION DE LA DISTANCE AU GOUTTEUR

L'expérience réalisée pour juger de la disponibilité du phosphore apporté en irrigation localisée avait pour paramètre la distance de l'injection de  $^{32}\text{P}$  par rapport au goutteur, c'est-à-dire une grandeur à laquelle était lié le taux de saturation du bulbe. On a ainsi testé les distances :

- a) 0            sous le goutteur (arrêté et en fonctionnement),
- b) à 30 cm du goutteur,
- c) à 50 cm du goutteur,
- d) à 80 cm du goutteur,
- e) à 90 cm du goutteur,
- f) en dehors de la zone d'influence du goutteur.

Par référence à des bulbes hydriques fonctionnant dans les mêmes conditions, les cas *a*) et *b*) correspondent à une zone saturée durant le fonctionnement, le cas *f*) étant totalement en dehors de la zone d'influence du goutteur. La première expérience *a*) (implantation de  $^{32}\text{P}$  avec le goutteur arrêté) a eu lieu une heure après l'arrêt de l'apport d'eau.

Pour les essais *a*), le risque d'erreur d'accepter l'hypothèse : « il n'y a pas d'absorption du  $^{32}\text{P}$  » est nul au niveau de signification de 0,05 %. Pour l'essai *f*), les résultats doivent être traités par un test non paramétrique (test de Wilcoxon), car l'un des résultats hautement significatif en soi, fait apparaître un

accroissement de radioactivité si élevé que l'on n'a plus affaire à une distribution normale. Quoi qu'il en soit, on conclut à une absorption du  $^{32}\text{P}$  avec un niveau de signification de 0,025 %.

Pour les autres distances testées, il y a augmentation constante du risque d'erreur d'accepter l'hypothèse de non-absorption du phosphore, ce qui revient à dire que l'activité du système racinaire vis-à-vis de ce phénomène croît avec la distance au goutteur (ou croît lorsque la probabilité d'un taux de saturation élevé diminue). Mais comme on ne connaît ce taux de saturation que par référence à un bulbe hydrique analogue (mais non obligatoirement identique), on s'interdit d'interpréter aussi rigoureusement les résultats des implantations *b*, *c*, *d* et *e*.

\*  
\*\*

Pour conclure, on peut affirmer que lorsque le P est présent dans l'eau d'irrigation et ne migre pas au delà de la zone du bulbe où des conditions de saturation règnent durant la majeure partie de la période d'irrigation, il n'est pas absorbé par les racines des pommiers ; si, par contre, il se trouve au voisinage de la frange capillaire, il est systématiquement et rapidement absorbé.

Toutefois l'expérience réalisée ne correspond qu'à une tendance liée à l'utilisation de solutions très diluées. L'apport de solutions concentrées en  $\text{PO}_4$  pourrait modifier les résultats obtenus, mais, dans ce cas, on irait à l'encontre de l'un des buts de l'irrigation localisée fertilisante (économie d'engrais) et on risquerait d'augmenter le colmatage des canalisations. Par contre, l'efficacité de l'augmentation des concentrations en  $\text{PO}_4$  se situerait sans doute davantage au niveau de l'accroissement de la zone de redistribution du phosphore, c'est-à-dire dans une région du sol où le taux de saturation hydrique serait plus faible, et l'absorption, de ce fait, plus probable.

Le problème de la fourniture d'engrais phosphatés solubles dans l'eau d'irrigation, en système localisé pour les arbres fruitiers doit tenir compte de ce phénomène ; il faut l'inclure dans des systèmes dynamiques où interviennent les cinétiques de diffusion, d'adsorption, de précipitation. Le critère retenu pour la disponibilité de cet élément reste évidemment dépendant de la nature du substrat et des normes établies par les physiologistes et les agronomes.

*I.N.R.A., Station de Science du Sol,  
84140 MONTFAVET.*

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CABIBEL (B.), 1978. — Influence du mode d'irrigation sur la structure et le fonctionnement du système racinaire de jeunes pommiers. *C.R. Acad. Agric. F.*, p. 616 à 624.
- HENION (B.), 1976. — Comparaison de méthodes d'étude du système racinaire de végétaux pérennes. Application à des arbres fruitiers soumis à trois modes d'apport d'eau et de sels. E.N.I.T.A. Dijon, Mémoire de fin d'études, Montfavet (1976).
- RAUSCHKOLB (R. S.), ROLSTEN (D. E.), MILLER (R. J.), CARLTON (A. B.) and BURAN (R. G.), 1976. — Phosphorus fertilization with drop irrigation. *S.S.S.A. Journal*, 40 (1), 68-72.