

INFLUENCE DU PLACEMENT DES ENGRAIS PHOSPHATES SUR LEUR
ABSORPTION PAR LE MIL ET L'ARACHIDE

ETUDE AU MOYEN DE ^{32}P

On peut considérer deux critères pour juger de l'efficacité d'un engrais : l'augmentation de rendement de la plante et le coefficient d'absorption de l'engrais par celle-ci. C'est ce dernier critère qui a été utilisé dans cette étude.

A/- LE COEFFICIENT D'ABSORPTION D'UN ENGRAIS :

On considérait avant le développement de l'utilisation d'éléments marqués que le coefficient d'absorption d'un engrais représentait l'augmentation d'absorption d'un élément par la plante par rapport à un témoin sans engrais.

L'utilisation d'éléments radioactifs a permis de démontrer que ce coefficient calculé ainsi était faux. On peut en effet, grâce aux éléments radioactifs, faire la différence dans la plante entre phosphore de l'engrais et phosphore du sol et, de la sorte, estimer le coefficient réel d'absorption de l'engrais.

On a pu avancer que les échanges de surface dans le sol pouvaient transformer le phosphate de l'engrais en phosphate du sol et fausser ainsi le rapport phosphate du sol/phosphate de l'engrais. Il n'en est rien car, en raison de l'équilibre isotopique $^{32}\text{P}/^{31}\text{P}$, les échanges de surface se produiront dans les mêmes proportions pour les molécules d'engrais marquées et les molécules non marquées.

B/- TECHNIQUE UTILISEE :

1º/- Matériel.- Le laboratoire dispose d'un ensemble de comptage M.E.S.C.O. comportant une haute tension stabilisée et un échelle à précompte et prétemps. Un discriminateur et un amplificateur à gain variable permettent de régler le rapport bruit de fond/taux de comptage à une valeur réduite.

Le détecteur utilisé est un photomultiplicateur à milieu semi liquide S.A.I.P. Ce détecteur plus sensible que le Compteur de Geiger a permis d'utiliser de plus petits échantillons tout en conservant un taux de comptage élevé.

2°/- Préparation des engrais marqués.

La quantité d'engrais voulue, a été mise en suspension dans de l'eau déminéralisée puis agitée avec une solution d'acide phosphorique marqué au ^{32}P à raison d'environ 200 microcuries de ^{32}P par gramme de ^{31}P . Ce qui conduisait à 20 microcuries de ^{32}P par gramme de phosphate bicalcique.

La suspension était laissée à l'agitation pendant 24 heures de sorte que l'échange isotopique puisse s'effectuer. Ensuite le phosphate était séché, broyé fractionné et pesé.

Toutes ces opérations ont été réalisées dans une boîte à gant ventilée, afin d'éviter la contamination du personnel et des locaux.

3°/- Prélèvements et mesures.

Comme nous le verrons les essais ont été effectués sur mil et arachide. Pour des raisons exposées plus loin, les mesures n'ont pu être effectuées que sur l'arachide.

L'engrais placé en terre, trois prélèvements de feuilles ont été effectués à différentes époques, le dernier comportant toutes les feuilles de la plante.

Pour les deux premiers prélèvements ce sont les feuilles de rang 3 puis de rang 6 qui ont été prélevées à raison de quatre feuilles par pied.

Les feuilles étaient séchées, broyées au broyeur à boule et pesées, (environ 300mg de matière sèche).

La poudre obtenue était placée dans des capsules en plexiglass que l'on recouvrait de papier adhésif pour effectuer le comptage.

En même temps un poids équivalent de poudre de feuille d'arachide, ne contenant pas de ^{32}P , était mélangé à une quantité connue de l'engrais radioactif (10mg), et placée dans une même capsule. Ce mélange constituait ainsi un étalon.

Connaissant le taux de comptage d'un échantillon et celui de l'étalon il était ainsi facile de déterminer la quantité de phosphore de l'engrais absorbé par la plante.

En effet soit a coups par seconde le taux de comptage de l'étalon correspondant à une quantité q de P205 de l'engrais.

b coups par seconde le taux de comptage de l'échantillon qui correspondent à une quantité x de P205 de l'engrais.

La quantité de P205 de l'échantillon est :

$$x = q \times \frac{b}{a}$$

Les feuilles, lors du dernier prélèvement, présentant une radioactivité assez faible, elles ont été calcinées et les comptages, ont été effectués sur les cendres afin d'obtenir une activité spécifique plus importante. Des étalons ont été confectionnés avec ces cendres et la même technique employée.

Enfin, l'activité des poudres végétales ayant suffisamment décrue on a pu doser sur les échantillons le phosphore total (méthode colorimétrique au phospho-vanado-molybdate après extraction chlorhydrique des cendres).

4°/- Dispositif des essais.

Les essais ont été effectués sur Mil et sur Arachide les dispositions étaient identiques dans les deux cas.

Il y avait huit traitements différents. Chaque traitement était appliqué sur 5 pieds d'arachide et 5 pieds de mil.

Enfin les pieds étaient disposés en lignes, avec :

- une ligne pour effet de bordure ceinturant l'essai.
- deux lignes recevant les traitements avec engrais non radioactif et encadrant la ligne recevant les mêmes traitements mais avec engrais marqué au 32P, suivant le schéma ci-dessous.

----- bordure

x x x x x traitement avec phosphate non marqué

o o o o o traitement avec phosphate au 32P

x x x x x traitement avec phosphate non marqué

----- bordure.

Les traitements se suivaient sur les lignes.

Les densités de semis adoptées étaient de 10.000 pieds par hectare soit 1m x 1m pour le mil, et 83.000 pieds par hectare soit un écartement 60cm x 20cm pour l'arachide.

5°/- Doses des engrais.

- Mil la formule adoptée était 14-7-7 à 150kg/ha .
soit 105kg de sulfate d'ammoniaque à 20% de N
26kg de phosphate bicalcique à 40% de P2O5
17kg de chlorure de potassium à 60% de K2O
2kg de charge.

- Arachide - formule 6-20-10 à 150 kg/ha.

soit 45kg de sulfate d'ammoniaque à 20%
75kg de phosphate bicalcique à 40%
ou 88kg de Bayliphos à 31%
25kg de chlorure de potassium à 60%
5kg de charge.

Les doses par pied ont été calculées à partir de ces chiffres et des densités énoncées plus haut.

L'engrais a été épandu la veille du semis qui eut lieu pour le Mil et l'Arachide le 28 Juin 1960 à la suite d'une pluie de 60mm tombée le 26 Juin.

Les prélèvements sur arachide eurent lieu les 6 Août, 23 Août et 3 Octobre soit 38 jours, 55 jours et 98 jours après le semis.

6°/- Placements adoptés.

L'engrais a été épandu à la volée, en bandes, en lignes à 1cm, 4cm, 6cm, 10cm de profondeur et en poquets à 10cm de profondeur. Les graines ont été semées contre les poquets et les lignes (1 à 2cm).

Les épandages en bande et à la volée ont été faits en surface.

Les bandes avaient 10cm de large à cheval sur la ligne de semis.

Les lignes avaient 1cm de large et les graines ont été semées à 1 ou 2cm de ces lignes. Chaque ligne était continuée le long des cinq pieds se prolongeant au-delà des pieds extrêmes sur une longueur égale à la moitié de l'intervalle entre les pieds.

7°/- Etat du terrain.

C'était une jachère depuis de nombreuses années. Sol Dior à 0,065% de phosphore total - pH 5,6 à 6.

c/- RESULTATS OBTENUS :

a/- Mil - Le mil est resté radioactif une quinzaine de jours, après le semis. Ayant voulu attendre l'apparition nette de la première feuille sous épis pour effectuer le premier prélèvement il a été impossible de détecter une radioactivité appréciable dans les feuilles après un mois de végétation.

Cet échec permet cependant de tirer quelques conclusions intéressantes :

1/- L'engrais n'a été utilisé en quantité notable que tout au début de la végétation. Il sera donc intéressant d'étudier, dans les années qui vont suivre, le rythme d'absorption des phosphates en fonction du développement racinaire et le placement le plus intéressant pour ces engrains. Les différents placements utilisés ne paraissent pas correspondre à un bon coefficient d'absorption de l'engrais tout au moins en ce qui concerne le phosphate.

2/- Le mil étant une plante à grand développement, d'une part, et d'autre part n'étant pas un gros consommateur de phosphate le ^{32}P s'est trouvé trop dilué dans la plante. Dans ce cas il sera bon dans les prochaines expériences d'utiliser des activités supérieures à 200 microcuries de ^{32}P par gramme de ^{31}P pour les mils et sorghos.

b/- Arachide - Les résultats obtenus sont donnés dans les tableaux I, II, III en milligrammes de P2O5 pour 100 grammes de matière sèche.

T A B L E A U - I
A 38 jours de végétation

Profon- deur d'enfouis- sement	Mode d'épandage	P205 de l'en- grais	P205 total	P205 du sol	P205 de l'engrais
					P205 total
10 cm	Poquet Bicalcique	699	694	0	100 %
10 cm	Ligne -"-	644	701	57	92 %
6 cm	Ligne -"-	434	638	204	68 %
4 cm	Ligne -"-	232	546	314	42,5 %
4 cm	Ligne Phosphate Tricalcique	675	673	0	100 %
Surface	Ligne Phosphate Bicalcique	316	707	391	45 %
Surface	Bande -"-	187	724	537	26 %
Surface	Volée -"-	286	829	543	35 %

T A B L E A U - II
A 55 jours de végétation

10 cm	Poquet Phosphate Bicalcique	254	535	281	47 %
10 cm	Ligne -"-	221	454	233	49 %
6 cm	Ligne -"-	307	565	258	54 %
4 cm	Ligne -"-	170	552	382	31 %
4 cm	Ligne Phosphate Tricalcique	105	487	382	22 %
Surface	Ligne Phosphate Bicalcique	227	486	259	47 %
Surface	Bande -"-	112	538	426	21 %
Surface	Volée -"-	197	509	311	39 %

T A B L E A U - III
A 98 jours de végétation

10 cm	Poquet Phosphate Bicalcique	95	514	419	18,5 %
10 cm	Ligne -"-	162	579	417	28 %
6 cm	Ligne -"-	161	635	474	25 %
4 cm	Ligne -"-	172	677	505	25 %
4 cm	Ligne Phosphate Tricalcique	128	535	407	24 %
Surface	Ligne Phosphate Bicalcique	216	655	439	33 %
Surface	Bande -"-	244	739	495	33 %
Surface	Volée -"-	248	752	504	33 %

Fig 1 - Absorption de l'engrais en fonction de la localisation
à différentes époques de végétation

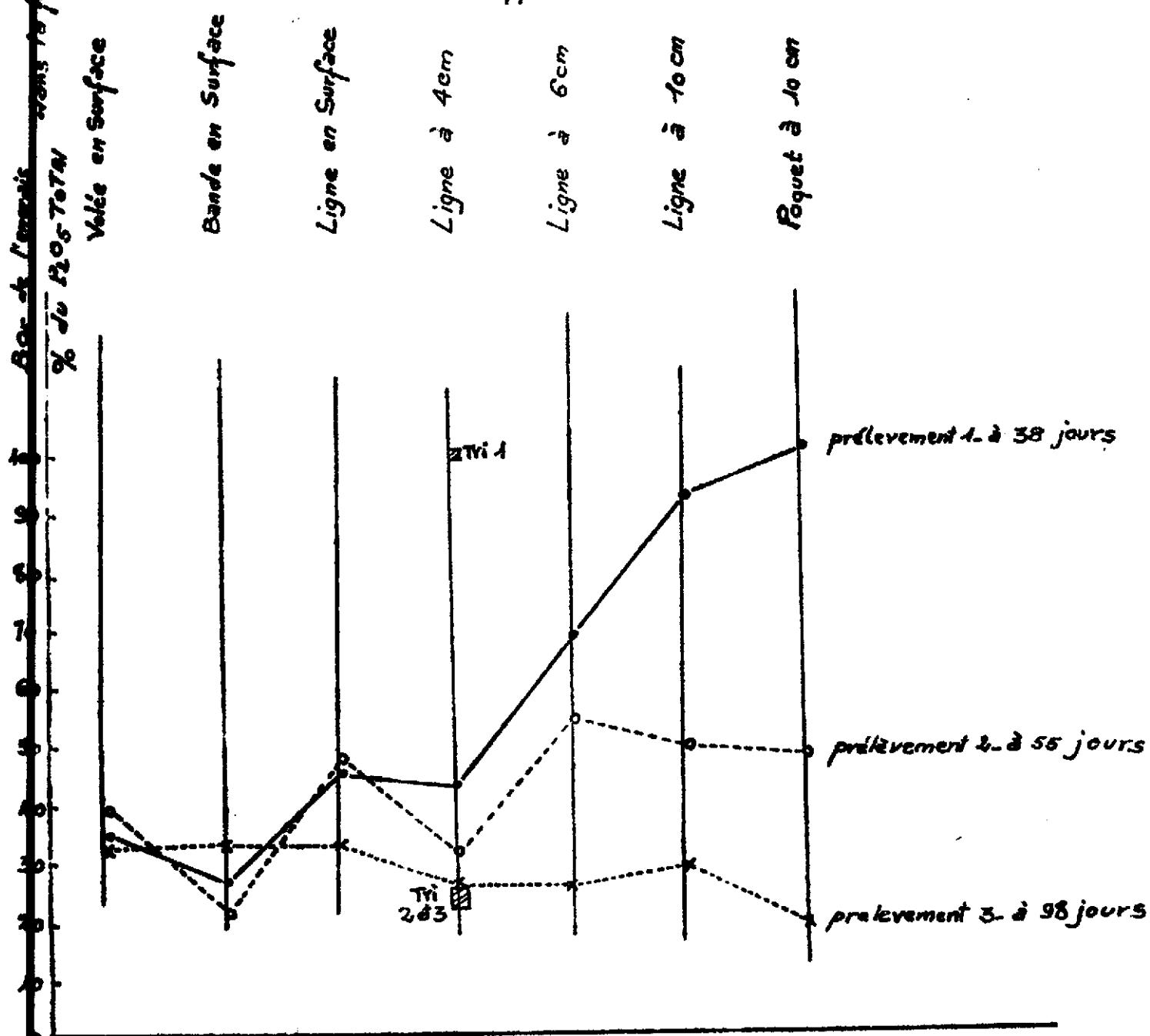
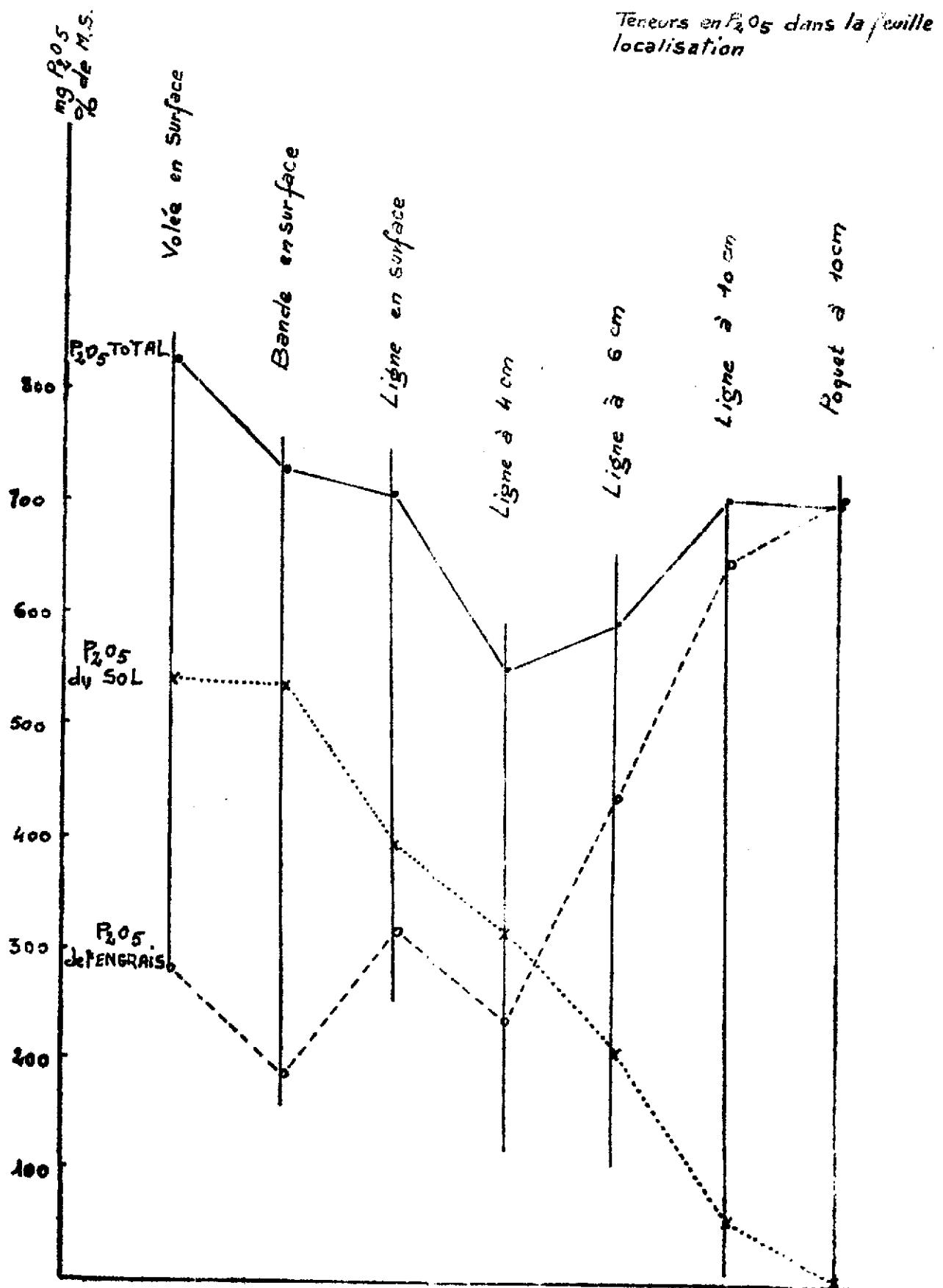


FIG 2

PREMIER PRELEVEMENT

Teneurs en P_2O_5 dans la feuille
localisation

Plusieurs facteurs sont à considérer :

- le mode de localisation
- la profondeur du placement
- la période de végétation.

1°/- La mode de localisation fig. 1 et 2 .

Poquet - ligne : pratiquement la différence est nulle, un peu avantageuse au début de la végétation pour le poquet et pour l'épandage en ligne en fin de végétation.

Bande - ligne - volée : l'épandage en ligne est plus avantageux au début de la végétation.
Il n'y a plus aucune différence à la fin.

Il semble qu'une localisation assez étroite soit plus intéressante pour le début de la végétation mais perde son intérêt après cinquante jours.

2°/- La profondeur du placement (fig. 1 et 3)

Au début de la végétation la localisation en profondeur a une nette influence sur l'absorption des phosphates puisque l'on passe d'une proportion en phosphate de l'engrais par rapport au phosphate total de la feuille de 100% à 35%. A la fin de la végétation on peut considérer que la profondeur n'a plus d'influence (25% et 33% du P2O5 total).

3°/- La période de végétation - fig. 1 et 3.

Nous venons de voir que pour un même mode d'épandage et une même profondeur l'utilisation de l'engrais par la plante peut subir des fluctuations importantes au cours de la période de végétation.

L'utilisation de l'engrais épandu en surface ne subit que peu de variations en fonction du temps alors que celui épandu en profondeur voit son utilisation varier dans des proportions importantes (de 100% à 18%).

Il est possible que l'abondance relative des pluies (plus de 700mm) et surtout leur régularité aient favorisé l'absorption de l'engrais épandu en surface.

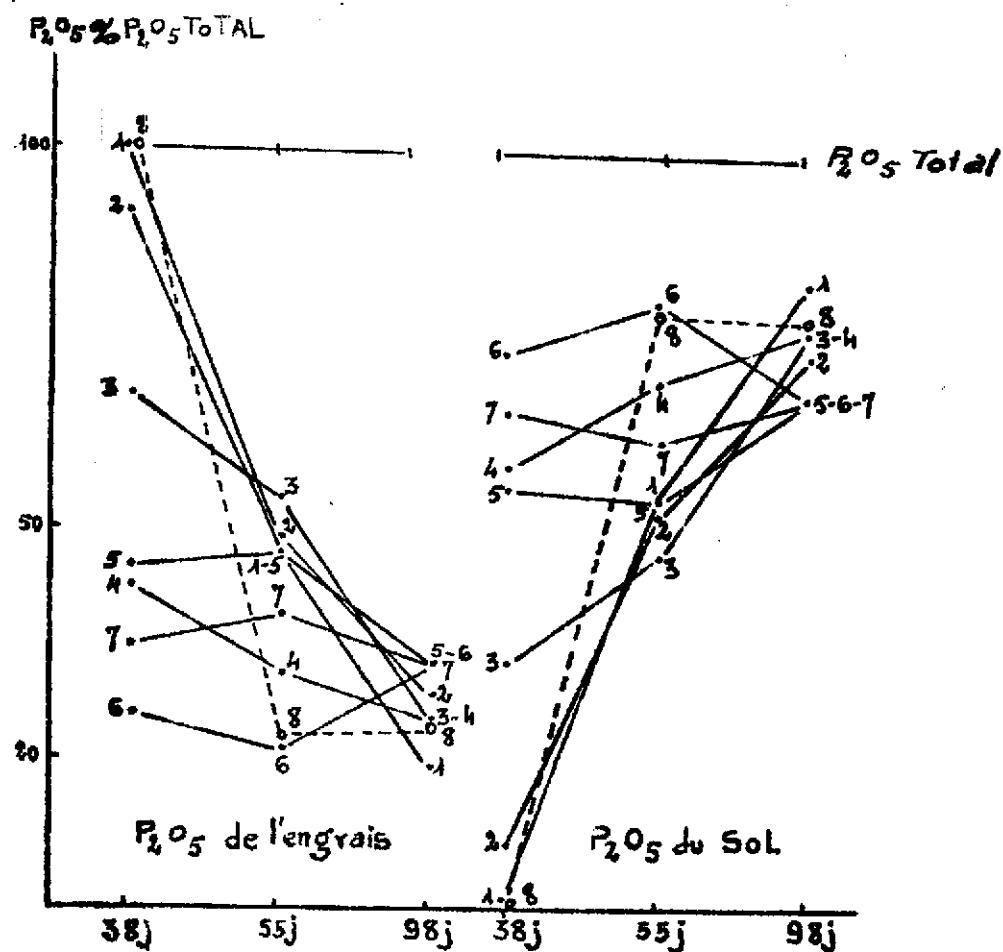


Fig 4 VARIATIONS DES RAPPORTS $\frac{P_{2O5}}{P_{2O5} \text{TOTAL}}$ DANS LA FEUILLE
AU COURS DE LA VEGETATION

- 1. Bicalerique poquet à 10cm
- 2. " ligne à 10cm
- 3. " " à 6cm
- 4. " " à 4cm
- 5. " " à 1cm
- 6. " bande en surface
- 7. " voile en surface
- 8. Tricalcique Ligne à 4cm ----

D'autre part grâce à cette humidité les gynophores ont sans doute participé à l'absorption de cet engrais. Chose qu'ils n'ont pu réaliser lorsque l'engrais était localisé en profondeur.

4°/- Utilisation du tricalcique.

L'expérience étant restreinte, elle ne portait que sur la localisation en ligne à 4cm de profondeur. On ne saurait donner de conclusions définitives.

Le tricalcique est mieux assimilé que le bicalcique (de 100% à 45% dans les feuilles) en début de végétation, pour s'aligner sur celui-ci en fin de végétation.

Il est possible qu'il y ait ici encore une influence des pluies, et peut-être du Calcium apporté en plus grande quantité par le tricalcique et qui pourrait être un facteur limitant de l'utilisation du phosphore.

D'après la fig.3 on peut constater que le comportement de la plante vis-à-vis des phosphates n'est pas différent. L'assimilation du tricalcique ne se distingue pas de celle du tricalcique (l'avantage du tricalcique sur le bicalcique en début de végétation restant à confirmer).

5°/- Remarques sur le comportement de la plante vis-à-vis des phosphates du sol et de l'engrais.

Rappelons que les doses de P2O5 mises à la disposition de la plante sont identiques dans chaque traitement.

Etudions seulement le cas du phosphate bicalcique.

Nous constatons (fig. 3-4 et 5), si l'on considère les variations des teneurs de la feuille en P2O5 de l'engrais ou les pourcentages de P2O5 de l'engrais dans le P2O5 total de la feuille au cours de la végétation, que le P2O5 de l'engrais ne descend jamais au dessous d'un certain niveau quelles ne soient les variations du P2O5 total.

On ne trouve en effet aucune corrélation entre P2O5 total et P2O5 de l'engrais ($r = 0,44$ seuil = 0,53). Par contre on trouve une corrélation significative ($r = -0,93$ seuil 0,53) entre P2O5 du sol et P2O5 de l'engrais.

R_{205} de l'engrais
mg % de MS.

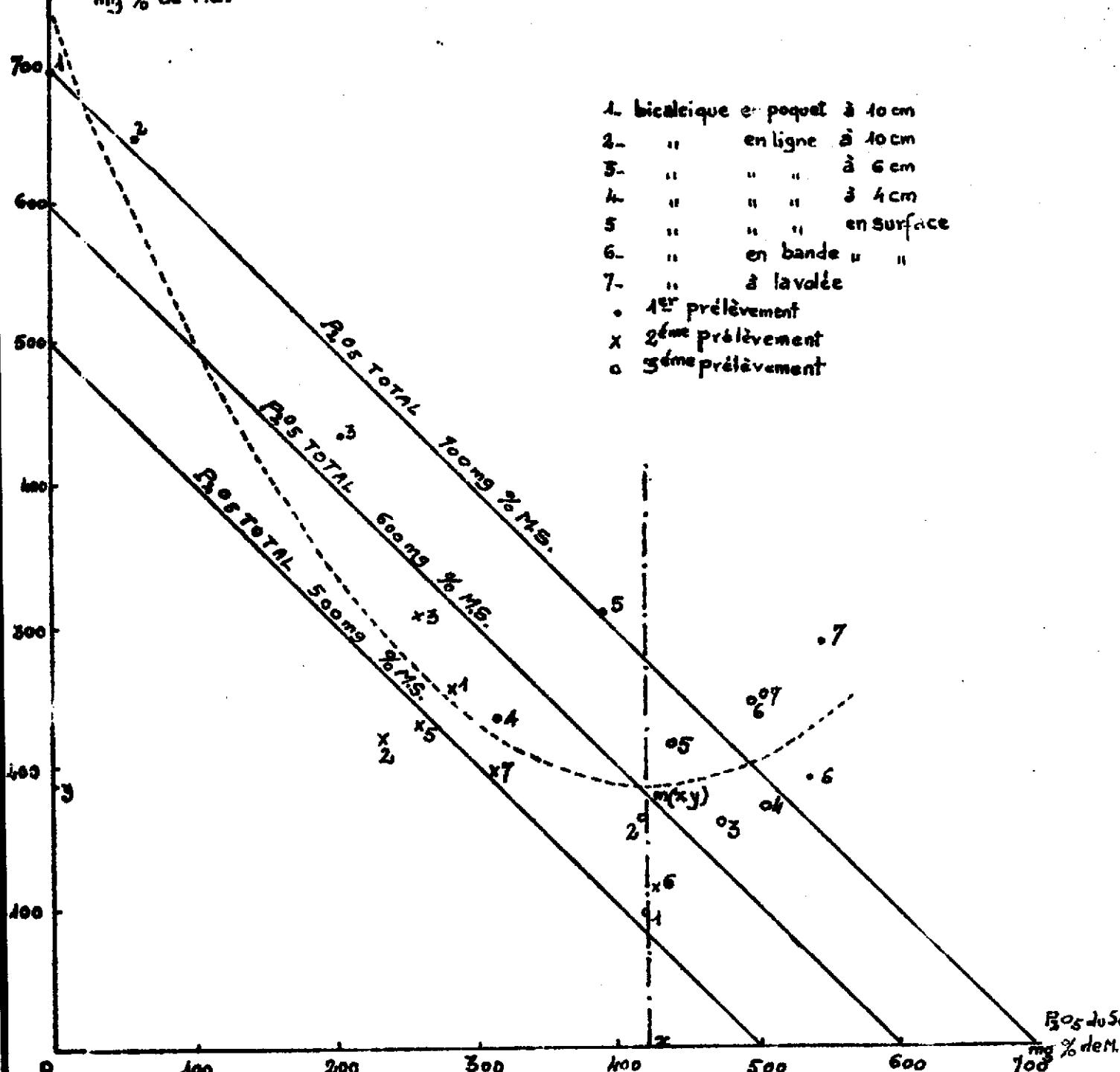


Fig 5 Interaction R_{205} de l'engrais x R_{205} du Sol

$$T = -0,93$$

seuil 0,63

Cependant (1) le nuage de points représentant (P_{205} en grais \times P_{205} du sol) peut être traduit par une courbe $y = 743,7 - 2,646x + 0,00313x^2$ présentant un minimum $m(x,y)$.
 $y = 184$ (mg. p.100 de M.S. de P_{205} de l'engrais).
 $x = 423$ (mg. p.100 de M.S. de P_{205} du sol).

Il semblerait donc que, au-dessus de ce niveau, la plante satisfasse ses besoins d'une façon aisée, soit au moyen du phosphore de l'engrais, soit du phosphore du sol, mais qu'au dessous de ce niveau la plante ait des difficultés à puiser du phosphore dans le sol en présence d'engrais.

On peut émettre l'explication suivante : aux époques des deuxième et troisième prélèvements les racines ont pris un certain développement. En raison de la localisation de l'engrais une petite fraction de ces racines sont en contact avec celui-ci. Cependant elles doivent garder le coefficient d'absorption de l'engrais que l'on trouvait au début de la végétation. En résumé les racines absorbent l'engrais quand elles le trouvent, n'empêchant pas pour autant l'absorption de phosphates du sol par celles qui en sont éloignées.

Les translocations du phosphore dans la plante font qu'au niveau de la feuille on observe plus que le phénomène global.

Une autre hypothèse peut être formulée. Le phosphate de l'engrais, au cours des trois mois de végétation, peut avoir été transformé, dans une certaine proportion, en phosphate du sol moins assimilable. Ce phénomène viendrait alors s'ajouter au précédent.

Toujours est-il que les feuilles ayant un niveau en P_{205} total relativement constant (de 500 à 700mg de P_{205} pour 100g. de matière sèche) la plante se procure le phosphore soit à partir du sol soit à partir de l'engrais suivant les facilités qu'elle a d'obtenir l'un ou l'autre, mais qu'à partir d'un certain niveau de phosphore du sol absorbé le phosphore de l'engrais lui soit indispensable pour compléter ses besoins.

On pourrait ainsi délimiter une zone d'indifférence à gauche de la droite mx et une zone d'intérêt pour l'engrais à droite de mx .

.../...

(1) Nous remercions M. FAUCHE qui nous a aidé pour cette partie de l'interprétation.

Remarquons que nous ne trouvons dans cette dernière que les points figurant le dernier prélèvement et les placements en surface au premier prélèvement. Ceci nous confirme que nous sommes dans les cas les plus défavorables de placement.

D/- CONCLUSION

- Le mode de placement des phosphates a une nette influence sur le taux d'absorption de ceux-ci, en début de végétation.

Le mode le plus intéressant serait, le poquet mais en raison des techniques culturales la ligne enfouie à 10cm contre la graine peut seule être retenue.

Cependant ce mode de placement ne paraît pas être satisfaisant dès le milieu de la végétation et peut-être devrait-on envisager deux modes de placement en fractionnant l'engrais. Une fraction serait enfouie après épandage à la volée, ou en bande, l'autre enfouie en ligne au moment du semis.

- L'absorption du phosphate tricalcique dans les conditions météorologiques de 1960 (740mm de pluies bien réparties) est identique à celle du phosphate bicalcique.

- La mesure des exportations totales en phosphore ainsi que celle des rendements n'a pu être faite. On ne peut donc conclure quant à l'influence possible d'une meilleure alimentation phosphatée, au début de la végétation, sur le développement ultérieur de la plante et sur le rendement.

B I B L I O G R A P H I E

- J.W.T. SPINKS
Etudes de problèmes spéciaux en agriculture et sylviculture à l'aide des isotopes radioactifs - Actes de la Conf. Int. de Genève - Août 1955 - Vol.XII - p.87 .
- R. SCOTT RUSSEL, E.W.RUSSEL, P.G.MARSIS, W.N.M. FOSTER
Facteurs influençant l'assimilabilité de l'acide phosphorique des sols par les plantes - Actes de la Conf. Int. de Genève Août 1955 - Vol. XII - p.118.
- W.M. KLETCHKOVSKY
Les Radiotraceurs et l'étude des méthodes de fertilisation des sols - Actes de la Conf. Int. de Genève - Août 1955 - Vol. XII - p.124 .
- A. VAN DEN HENDE et R. DE LOOSE
Quelques possibilités de l'usage du P^{32} dans l'étude de la fertilité du sol et de la nutrition des plantes -
5^e Congr. Int. Sci. Sol., Actes et C.R. 1954 - p.252.
- S. BOUYER - L.COLLOT - M.MARA -
Diagnostic foliaire de l'arachide. Résultats expérimentaux -
Annales du C.R.A. de BAMBEY - Mai 1952 - p.7.