

APPRECIATION DE LA FERTILITE PHOSPHORIQUE DE QUELQUES SOLS D'ALGERIE.

par M. BENAMARA et A. P. CONESA

I. INTRODUCTION.

La mise en place de périmètre de mise en valeur conduit souvent à l'établissement de cartes dans la perspective d'une intensification de la production. La fertilité phosphatée des sols constitue très souvent un élément intéressant à prendre en compte lors de l'établissement de ces cartes, ce qui pose le problème préalable de la caractérisation de cette fertilité.

Il existe de nombreuses méthodes d'extraction permettant d'apprécier la fertilité phosphatée des sols. En général ces méthodes tentent de recréer l'action des racines: ainsi l'action d'un complexant, l'oxalate d'ammonium, permet de simuler l'action de certaines excréctions racinaires, les méthodes utilisant les réactifs acides citriques, acide sulfurique, tentent de recréer l'effet de l'acidification du sol au voisinage de la rhizosphère, la méthode d'extraction du phosphore à l'aide d'une résine anionique tente de reproduire l'action de la capacité d'adsorption anionique des racines sur la libération des ions phosphoriques du sol. Ces différentes méthodes affectent d'une manière variable les diverses formes phosphatées et sont donc toutes plus ou moins sélectives comme le souligne GACHON (1969). Les méthodes d'analyse présentent toutes des insuffisances ce qui explique leur prolifération et le fait qu'on combine parfois plusieurs traitements comme c'est le cas pour la méthode CHANG et JAKSON qui utilisent successivement: FN H_4 (complexant) Na OH (extractif alcalin) $\text{H}_2 \text{SO}_4$ (extractif acide).

L'utilisation des isotopes marqués du phosphore permet d'apprécier le phosphore isotopiquement diluable, en modifiant peu les équilibres ioniques du sol.

II. METHODE.

Cinquante échantillons de terre (0-30 cm) provenant de différentes régions d'Algérie ont été étudiés.

Le pH de terre variait de 6 à 8,3.

1) METHODES D'ANALYSE DES SOLS.

Nous avons comparé plusieurs méthodes utilisées en Algérie.

Méthode de TRUOG (1930).

Le phosphore du sol est extrait à l'aide de 200 ml de solution H_2SO_4 0,002N qui sont agités pendant 30 minutes en présence d'1 g de sol puis le phosphore est dosé par colorimétrie (méthode DUVAL - 1962).

Méthode d'OLSEN (1954).

L'acide phosphorique est extrait par agitation de 5 g de sol en présence de 100 ml de $NaHCO_3$ 0,5 N à pH 8,5 pendant 30 minutes. Après extraction la suspension est filtrée et le filtrat doit être clarifié à l'aide de charbon végétal actif exempt de phosphore, puis le phosphore est dosé par colorimétrie du complexe phosphomolybdique.

Méthode de JORET et HEBERT (1955).

L'acide phosphorique est extrait à l'aide de 125 ml de solution d'oxalate d'ammonium 0,2 N agités pendant deux heures au contact de 5 g de terre. Le phosphore est dosé avec le réactif B de la méthode DUVAL (1962).

Phosphore labile L (LARSEN et COOKE 1961, GACHON 1966).

Pour apprécier le phosphore isotopiquement diluable des sols nous avons utilisé la méthode in vivo. On mélange au sol étudié (600 g de sol dilué de 700 g de quartz) une quantité de phosphore $^{32}PO_4$ radioactif en solution. Le phosphore radioactif diffuse dans le sol et se mélange aux réserves de $^{31}PO_4$ « isotopiquement diluable » du sol qu'on souhaite estimer. Les ions $^{32}PO_4$ et $^{31}PO_4$ tendent à se distribuer dans les mêmes proportions dans toutes les portions de l'espace où ils ont accès suivant le rapport:

$$\frac{^{31}PO_4 \text{ (isotopiquement diluable)}}{^{32}PO_4 \text{ (total introduit)}}$$

Avec une culture de ray grass en pot, les plantes vont puiser dans le sol indifféremment les ions $^{31}PO_4$ et $^{32}PO_4$ puisque ces dernières ont les mêmes affinités chimiques. Après une coupe de ray grass on trouvera, dans la matière sèche, $^{31}PO_4$ et $^{32}PO_4$ dans les mêmes proportions que dans le sol. Connaissant la quantité de phosphore radioactif introduit dans le pot, après mesure du phosphore stable dans la plante, et comptage du phosphore radioactif on peut estimer les réserves de phosphore isotopiquement diluable:

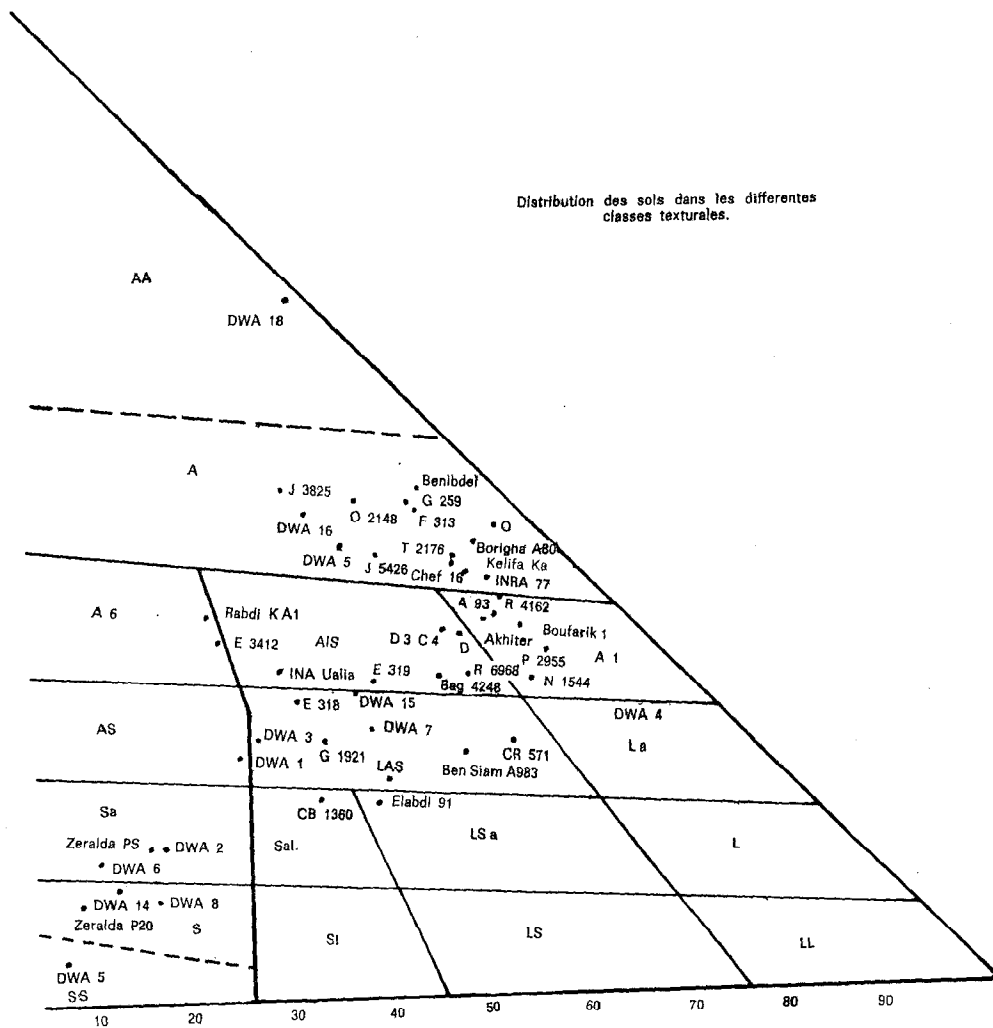


Figure 1

$$L = \frac{31 \text{ PO}_4}{32 \text{ PO}_4 \text{ plante}} \times 32 \text{ PO}_4 \text{ total}$$

2) REFERENCES CULTURALES.

Pour apprécier la valeur des tests chimiques ou isotopiques vis à vis du comportement des plantes, nous avons choisi la méthode CHAMINADE (1960). Le ray grass d'Italie tetraploïde (Tetrone) servant de plante test parce qu'il possède un enracinement fourni qui permet une bonne exploration du sol. Les sols ayant reçu une fertilisation complète, sauf le phosphore, la culture ne pouvait disposer que des réserves phosphoriques des sols. Les pots étaient irrigués quotidiennement de manière à maintenir l'humidité des sols au 4/5 de la capacité de rétention. Les traitements ont été répétés 4 fois.

La première coupe a été effectuée 4 semaines après la levée, la seconde coupe 3 semaines après la première.

Après chaque coupe nous avons mesuré les poids de matière sèche récoltée puis dosé les teneurs en phosphore 31 du ray grass et de phosphore 32, ce qui nous a permis de calculer l'indice L.

Le dosage du phosphore dans les plantes a permis d'évaluer les quantités de phosphore prélevées par le ray grass dans les différentes terres, c'est ce phosphore, exporté qui nous servira de référence pour apprécier la fertilité phosphatée des sols.

3) TRAITEMENT STATISTIQUE.

La distribution des valeurs du phosphore assimilable n'étant pas normale (en particulier les valeurs obtenues avec l'extraction à l'oxalate d'ammonium), nous avons utilisé le coefficient de corrélation non paramétrique de SPEARMAN pour étudier les relations entre variables. Ce coefficient (LEBART et FENELON 1971) présente l'avantage de ne pas nécessiter une distribution normale des valeurs, le calcul du coefficient de corrélation étant effectué sur les rangs de valeurs numériques.

III. RESULTATS.

1) ANALYSES CHIMIQUES ET ISOTOPIQUES.

Comme on pouvait s'y attendre les teneurs en phosphore « assimilable » appréciées par les différentes méthodes différent pour un même sol ce qui, comme nous l'avons souligné, s'explique par le fait que les solutions d'extrac-

tion agissent de manière différentes sur les différents états du phosphore dans les sols.

La méthode de JORET et HEBERT donne des résultats qui varient de 5 ppm à 675 ppm de P_2O_5 (Histogramme 1) la méthode TROUG donne pour la même série de sols des résultats qui varient de 17 à 885 ppm (Histogramme 2), la méthode OLSEN de 9 à 117 ppm de P_2O_5 (Histogramme 3).

Le phosphore isotopiquement diluable varie de 16 à 136 ppm de P_2O_5 (Histogramme 4). Les dosages ont été effectués sur la deuxième coupe. Nous n'avons pu effectuer une mesure sur la troisième coupe, l'activité du phosphore radioactif étant tombée à un niveau trop bas, compte tenu du rendement de comptage de notre appareil. La troisième coupe donne les résultats plus faibles que les première et deuxième coupes où le phosphore des graines modifie l'activité spécifique du phosphore des feuilles.

2) PHOSPHORE PRELEVE PAR LA PLANTE TEST.

Déduction faite des réserves en phosphore des graines, les quantités de phosphore exportées par les 2 coupes varient de 2 mg à 16 mg (Histogramme 5).

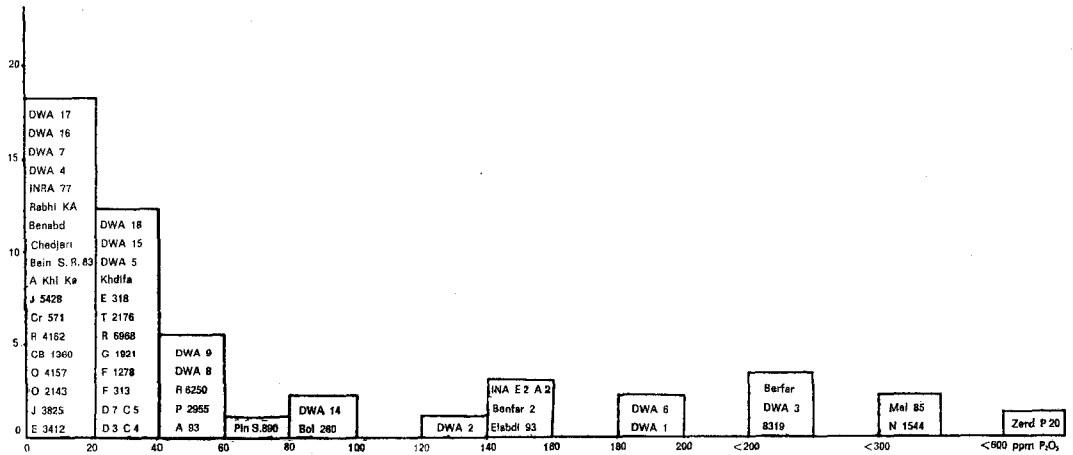
IV. DISCUSSION ET CONCLUSION.

Globalement le phosphore extrait par la plante est corrélé significativement avec la méthode JORET et HEBERT ($r_s = 0,376$), OLSEN ($r_s = 0,378$) et isotopique deuxième coupe ($r_s = 0,312$).

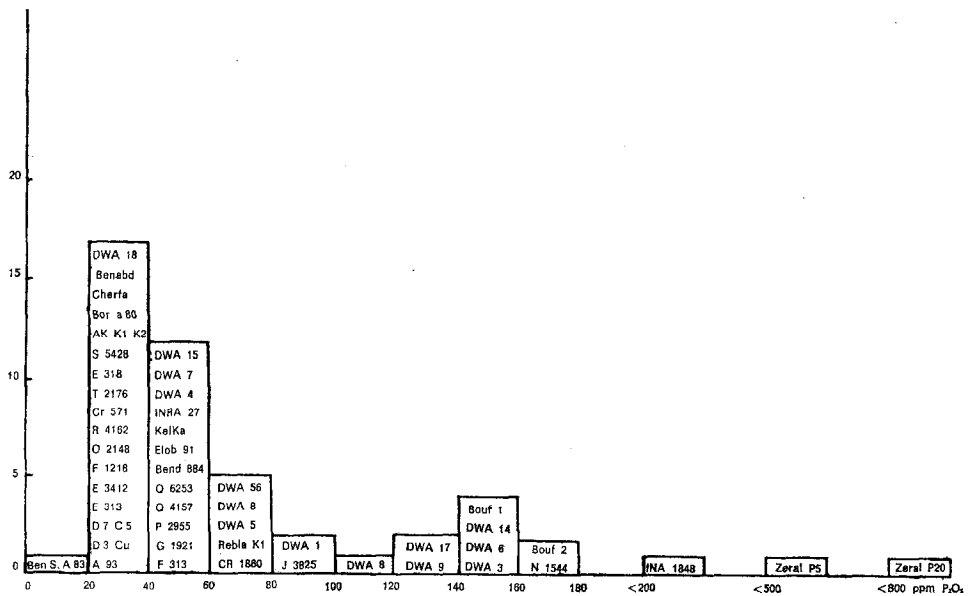
La méthode TRUOG ($r_s = 0,12$) et isotopique première coupe ($r_s = 0,04$) donnent des résultats non corrélés avec les exportations en phosphore du ray-grass.

Lorsqu'on compare les résultats des différentes méthodes entre eux, on remarque une liaison significative entre la méthode JORET et HEBERT et TRUOG ($r_s = 0,445$). Ce qui confirme les observations de GACHON (1969). La liaison est moins nette entre les résultats des méthodes TRUOG et OLSEN ($r_s = 0,274$). Pour l'ensemble des sols étudiés, calcaires ou voisin de la neutralité; les extractions à l'oxalate d'ammonium et à l'acide sulfurique dilué doivent agir sur les mêmes formes de phosphates, selon CHANG et JAKSON (1957) l'acide sulfurique dilué agit essentiellement sur les formes calciques.

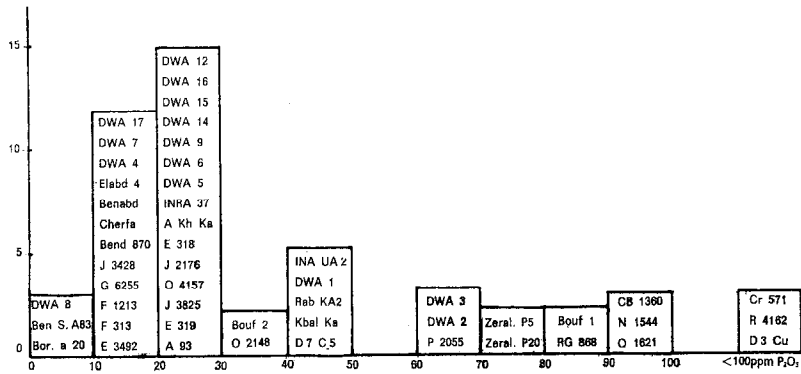
La disponibilité du phosphore dépend du pouvoir fixateur des sols lui-même lié à la nature et à la finesse des constituants du sol (CONESA - 1967) (GACHON - 1969), ce qui nous a conduit à examiner les relations entre les résultats des analyses chimiques et l'absorption du phosphore par la ray grass pour chacune des classes granulométriques.



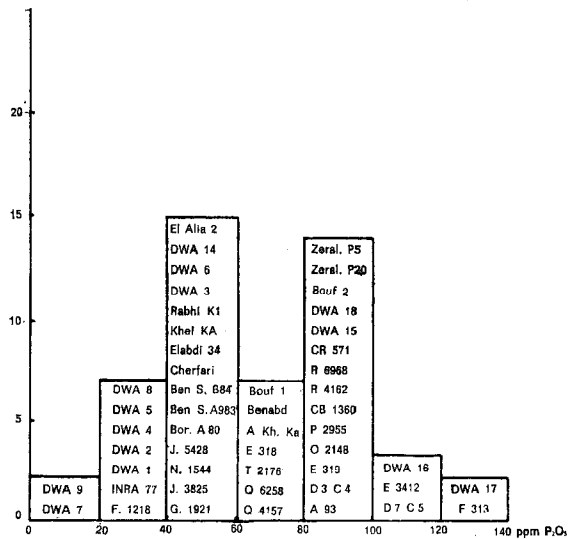
Histogramme 1 - Méthode Joret et Hébert.



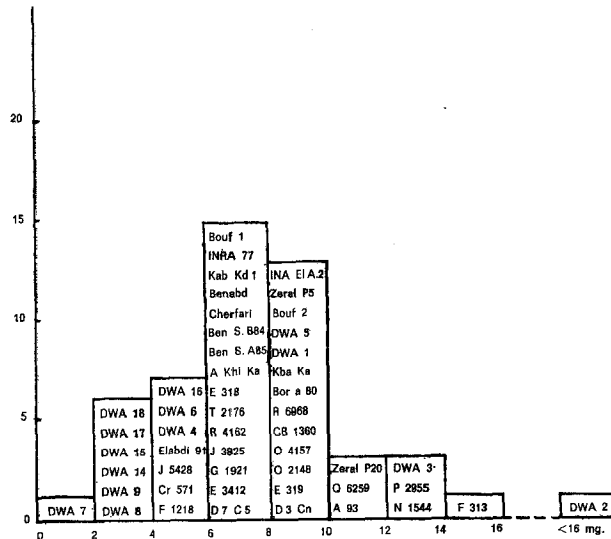
Histogramme 2 - Méthode Truog.



Histogramme 3 - Méthode Olsen.



Histogramme 4 - Méthode isotopique 2ème coupe.



Histogramme 5 - Exportation 1ème + 2ème coupe mg.

Pour les sols argileux ($n = 15$) seule la méthode JORET et HEBERT donne des résultats corrélés significativement au phosphore absorbé par le ray-grass ($r_s = 0,49$) contre ($r_s = 0,372$) pour la méthode OLSEN.

Pour les sols argilo-limono-sableux ($n = 18$) la méthode JORET et HEBERT ($r_s = 0,464$) et OLSEN ($r_s = 0,610$) donnent des résultats significativement corrélés avec le phosphore extrait par les première et deuxième coupes de ray grass.

Pour les sols argilo-limoneux ($n = 10$) la méthode JORET et HEBERT donne des résultats plus proches de la référence biologique. On note une bonne relation entre les résultats de la méthode JORET et HEBERT et TRUOG ($r_s = 0,649$).

Pour les sols sableux ($n = 7$) on remarque une relation significative entre les résultats des analyses suivant la méthode OLSEN ($r_s = 0,82$) et JORET et HEBERT ($r_s = 0,75$) et les exportations en phosphore du ray-grass.

Pour les différents types granulométriques de sols étudiés, il semble que la fiabilité des résultats de la méthode JORET et HEBERT soit meilleure que ceux obtenus avec la méthode OLSEN.

Les résultats médiocres obtenus avec la méthode isotopique doivent s'expliquer par le fait que nous n'avons considéré que la deuxième coupe alors que la méthode de calcul du phosphore labile in vivo donne les meilleurs résultats pour la troisième coupe.

Les résultats des analyses chimiques ou isotopiques ne tiennent pas compte du pouvoir fixateur des sols. Il serait souhaitable de tester, pour les sols algériens, des indices tenant compte de la disponibilité du phosphore. Des indices tels que ceux proposés par GACHON (1966) ou l'un d'entre nous (1967) peuvent permettre de mieux caractériser le potentiel alimentaire en phosphore des sols.

La caractérisation des potentialités phosphatées du sol ne suffit pas à appréhender sa fertilité. Celle-ci dépend également des conditions du milieu. Les ions phosphoriques, fortement retenus, se déplacent difficilement dans le profil (BLANCHET 1966) leur utilisation par la plante dépendra donc du développement et de l'activité du système racinaire. A titre d'exemple nous signalons des résultats obtenus dans la région du Haut Cheliff et qui concernent la betterave. (Laboratoire d'Agriculture 1973).

Le phosphore contenu dans les feuilles est significativement corrélé aux teneurs en phosphore des sols ($r = 0,276$) pour 95 échantillons prélevés à travers le périmètre, mais on remarque également une liaison significative entre le phosphore des feuilles et le sodium des feuilles ($r = 0,306$) et entre le phosphore des feuilles et le potassium du sol ($r = 0,2$). Il existe également une relation entre la taille des racines et les teneurs en phosphore dans les feuilles ($\chi^2 = 9,14^{**}$ ddl = 1).

Ces quelques données confirment une influence non négligeable de l'enracinement et des équilibres nutritifs sur l'absorption du phosphore qui apparaît comme un processus multifactoriel.

En conclusion, ces premiers résultats semblent indiquer, pour les sols calcaires ou voisins de la neutralité choisis, que la méthode de JORET et HEBERT donne les résultats les plus proches du test biologique (culture de Ray-Grass).

Il convient cependant de souligner que les différents extractifs ont une action spécifique sur le phosphore du sol qui dépend de la nature des équilibres

	% de betteraves (de diamètre < à 45 mm) 0-40%	% de betteraves (de diamètre < 45 mm) 40-80%	
Teneurs en P 0,24% de P	40	13	53
Teneurs en P 0,24% de P	41	1	42
	81	14	95

en jeu, c'est-à-dire du pH des sols et de leur capacité de rétention pour le phosphore.

Au cours de ce travail, nous n'avons pas considéré la capacité de rétention pour le phosphore. Il serait donc souhaitable d'élargir cette étude à un plus grand nombre de terres, représentant un spectre de pH et de texture plus large en examinant des méthodes combinant plusieurs tests chimiques successifs et le test de GACHON (1966) qui tient compte de la fixation du phosphore par les sols.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BLANCHET, R., 1966 - *Quelques aspects récents des études relatives à l'alimentation minérale des plantes dans le sol*. Revue de la potasse, Section 3, 1-9.
- CHANG, S. C. et JAKSON, M. L., 1957 - *Fractionation of soil phosphorus*. Soil Science, 34, 133-144.
- CHAMINADE, R., 1960 - *Expérimentation en petits vases de végétation: type d'essais pour tester l'efficacité des engrais humiques*. Ann. Agron., 121-133.
- CONESA, A. P., 1967 - *Emploi d'une résine anionique pour l'étude du potentiel phosphate des sols*. Colloque international sur les phosphates minéraux solides. Toulouse 16-20 Mai, 125-129.
- DUVAL, L., 1962 - *Dosage ceruleomolybdique de l'acide phosphorique pour les sols, les végétaux et les engrais*. Ann. Agron., 13 (5), 469-482.
- GACHON, L., 1966 - *Observation sur la mesure du phosphore isotopiquement diluable des sols*. C. R. Ac. Agri. de France, 1103-1108.
- GACHON, L., 1969 - *Les méthodes d'appréciation de la fertilité phosphorique des sols*. Bull. A.F.E.S., 4, 17-31.
- JORET, G. - HEBERT, J., 1955 - *Contribution à la détermination du besoin des sols en acide phosphorique*. Ann. Agron., 233-299.
- LARSEN, S. et COOKE, I. S., 1961 - *The influence of radioactive phosphate level on the absorption of phosphate by plants and on the determination of labile soil phosphate*. Plant and soil, 14, 43-48.
- Laboratoire d'Agriculture, 1973 - *Etude intégrée des facteurs qui limitent la production de la betterave dans le périmètre de mise en valeur du Haut Chelif*. I.N.A., El-Harrach, Tome 2, 100-106.
- LEBART, L. et FENELON, J. P., 1971 - *Statistique et informatique appliquée*. Dunod éd., 296.
- OLSEN, 1954, cité par JAKSON, L., 1957 - *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc., U.S.A., 228.
- TROUG, E., 1930 - *The determination of the readily available phosphorus of soil*. J. Amer. Soc. Agron., 874-882.