

Comparaison des méthodes d'extraction chimique et biologique pour la détermination du phosphore assimilable

M. HAFIDI¹ ♦, W. BADRI¹, M. KAEMMERER² & J.C. REVEL²

(Reçu le 22/06/1993; Accepté le 02/01/1994)

مقارنة بين طرق الاستخلاص الكيميائي و البيولوجي لتحديد الفسفور المستعمل

إن الدراسة المقارنة عبر فترة من الزمان لكمية الفوسفور المستعمل (phosphore assimilable) المستخلصة ، من التربة باستعمال عدة كواشف كيميائية (Dyer و Joret-Hébert, Truog) من جهة و كاشف بيولوجي (الزوان المعمر الايطالي Ray grass d'Itali) من جهة أخرى ، بينت أن الفوسفور المستعمل الملحق بالتربة يوجد بكمية كبيرة في حالة جمود و مستجذب من طرف الجزيئات الصلبة المكونة للتربة. إن هذا الفوسفات المعقد و الذي يمكن استخلاصه جزئيا باستعمال بعض الكواشف الكيميائية ، لا يساهم كليا في تغذية النبتة. و هكذا يمكننا تجاوز صعوبة تقييم كمية الفوسفور المستعمل بالاستخلاص البيولوجي.

الكلمات المفتاحية : استخلاص كيميائي - استخلاص بيولوجي - فسفور مستعمل.

Comparaison des méthodes d'extraction chimique et biologique pour la détermination du phosphore assimilable

L'étude comparative, en fonction du temps, des quantités de phosphore assimilable extraites du sol par divers réactifs chimiques (Truog, Olsen, Joret-Hébert et Dyer) et biologique (ray-grass d'Italie) a montré que le phosphore soluble incorporé au sol est en grande partie immobilisé et adsorbé par la phase solide du sol. Ces phosphates insolubles partiellement extractibles par certains réactifs chimiques ne présentent généralement pas d'intérêt pour la plante. Le recours à l'extraction biologique par la plante permet de surmonter ces difficultés.

Mots clés: Extraction chimique - Extraction biologique - Phosphore assimilable

Comparative study of chemical and biological extraction of assimilated phosphorus quantities

The comparative study of assimilated phosphorus quantities which are extracted from soil using various chemical extractants (Truog, Olsen, Joret-Hébert and Dyer) and one biological extractant (Italian rye-grass) has shown that the large proportion of soluble phosphorus incorporated in soil was adsorbed and immobilized by the soil's solid phase such insoluble phosphorus that are partially extracted using chemical extractant do not generally present an interest for plants. The biological extraction carried out by plant allow to overcome these difficulties.

Key words: Chemical extraction - Biological extraction - Phosphore assimilation

¹ Département de Biologie, Faculté des Sciences, BP: S15 Marrakech, Maroc

² Laboratoire de Pédologie et Fertilisation, École Nationale Supérieure Agronomique (E.N.S.A.T.), 145 Avenue de Muret, 31076, Toulouse, France

♦ Auteur correspondant

INTRODUCTION

La disponibilité du phosphore pour la plante (biodisponibilité) diffère largement suivant le type de sol (Morel, 1988). La nutrition phosphatée est assurée par l'ensemble des ions phosphates de la solution du sol (Fardeau, 1981).

L'extraction du phosphore "assimilable" par les réactifs chimiques devrait permettre le contrôle de l'évolution des réserves phosphatées des sols et de décider des apports rationnels de phosphore à effectuer pour satisfaire le besoin des plantes.

De nombreux auteurs (Gachon, 1966 ; Gachon & Triboi, 1979 ; Admont *et al.*, 1986 ; Loudyi, 1986 ; Bouyadid, 1989) ont souligné que la fertilisation phosphatée des sols doit tenir compte de l'assimilabilité de ces réserves de P par les racines. C'est pourquoi, il est nécessaire d'apprécier les relations réelles existant entre la fraction du phosphore susceptible d'être prélevée par la culture et le phosphore extrait par les réactifs chimiques conventionnels. Pour préciser ce point, les quantités de P "assimilable" extraites par différents réactifs chimiques ont été comparées à celles réellement disponibles pour les plantes, en utilisant la méthode biologique de Stanford & De Ment (1957).

En effet, cette méthode adoptée par de nombreux chercheurs (Virmant *et al.*, 1966 ; Quemener, 1968 ; Mey, 1979 ; Lombaert, 1987 ; Hafidi *et al.*, 1990 ; Hafidi, 1990) intègre les divers facteurs qui agissent sur la nutrition des plantes dans le sol mieux que les tests purement chimiques (Terman *et al.*, 1958).

Le but des expériences présentées ci-après était de déterminer le ou les réactifs chimiques susceptibles d'extraire des quantités du phosphore, dans divers types de sol, voisines de celles obtenues par l'extraction biologique.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Un échantillon de 200g de terre fine (<2mm) a reçu un apport de 40 mg de P (sous forme de KH_2PO_4). L'ensemble est bien homogénéisé. L'humidité est maintenue voisine de la capacité au champ (2/3 de la saturation) par des apports d'eau distillée (1 jour sur 3). Les mélanges terre-phosphate ont subi une alternance de phases d'humectation et de dessiccation. L'évolution des quantités de P extraites par différents réactifs chimiques (Truog : H_2SO_4 0,002N, tamponné par $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ à pH3; Olsen : NaHCO_3 0,5N pH 8,5 ; Joret-Hébert : Oxalate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,2N à pH 7; Dyer : Acide citrique (2% à pH 2) et par un réactif biologique a été suivie pendant 30 jours.

La méthode biologique de Stanford & De Ment modifiée (Stanford & De Ment, 1957 ; Hafidi *et al.*, 1990) consiste en une culture préalable de ray-grass carencée en phosphore sur un substrat inerte (pendant 10 jours), suivie d'un transfert sur un milieu (sable + sol) pourvu en phosphore (20g de terre renfermant 5 mg de P total/ Pot pendant 7 jours (Hafidi *et al.*, 1990).

Le choix des réactifs chimiques a été de façon à extraire toutes les fractions du phosphore du sol, susceptibles de participer au "pool" phosphorique qui alimente la plante.

Les sols utilisés pour les cultures sont les mêmes que pour les extractions chimiques : un sol I (acide, boulbère de terrasse ancienne de la vallée de la Garonne, France) ; un sol II (voisin de la neutralité, sol alluvial, Vallée de la Lèze, France) ; un sol III (légerement calcaire, sol alluvial de la vallée de l'Ariège, France).

Leurs principales caractéristiques sont présentées dans le tableau 1.

Le dosage du phosphore est effectué par spectrophotométrie du complexe phosphomolybdine à 820nm.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques des différents sols utilisés

Type de sol	pH eau	pH KCl	C (%)	N (%)	C/N	M.O. (%)	Ca ⁺⁺ [°]	Mg ⁺⁺ [°]	K ⁺ [°]	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)	Calcaire total (%)	P Total (ppm)
Sol I	5,20	4,40	7,80	0,80	9,7	14	5,6	1,2	0,27	14	28	56	-	304
Sol II	6,30	5,30	15,40	1,40	11,0	27,5	15,5	3,35	0,45	22,5	32	41	-	304
Sol III	7,10	7,00	13,90	1,22	11,4	24,9	29,8	6,6	0,6	25	23	49,1	5	356

[°] : meq pour 100 g de terre sèche

M.O. : Matière organique

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les variations, en fonction du temps, des quantités de P "assimilables" extraites des trois types de sols par les différents réactifs chimiques, ainsi que par la plante entière, sont présentés sur les figures 1, 2 et 3.

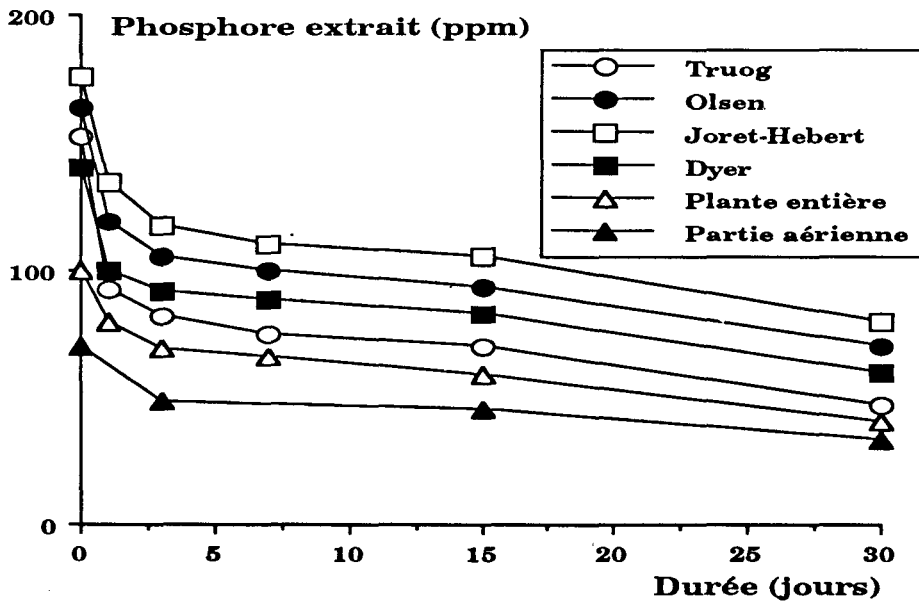


Figure 1. Rétrogradation du phosphore "assimilable" pendant 30 jours en sol acide après un apport de 200 ppm de P (KH_2PO_4): extraction par différents réactifs chimiques

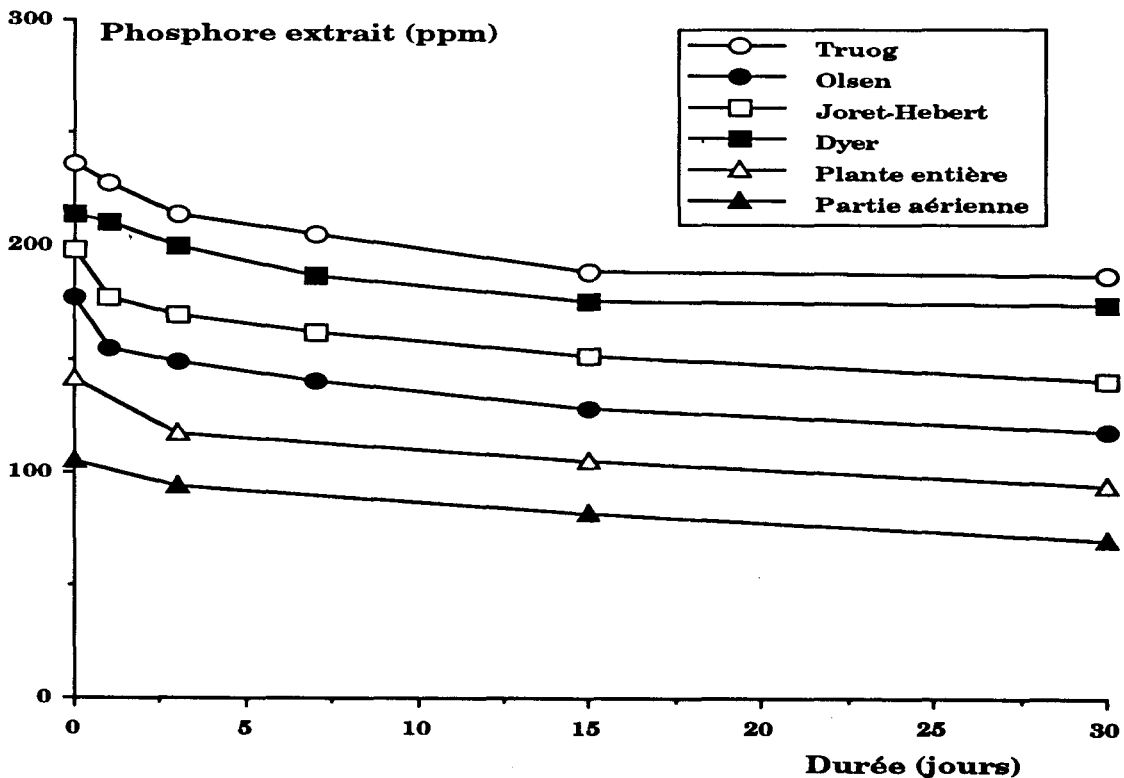


Figure 2. Rétrogradation du phosphore "assimilable" pendant 30 jours en sol neutre après un apport de 200 ppm de P (KH_2PO_4): extraction par différents réactifs chimiques

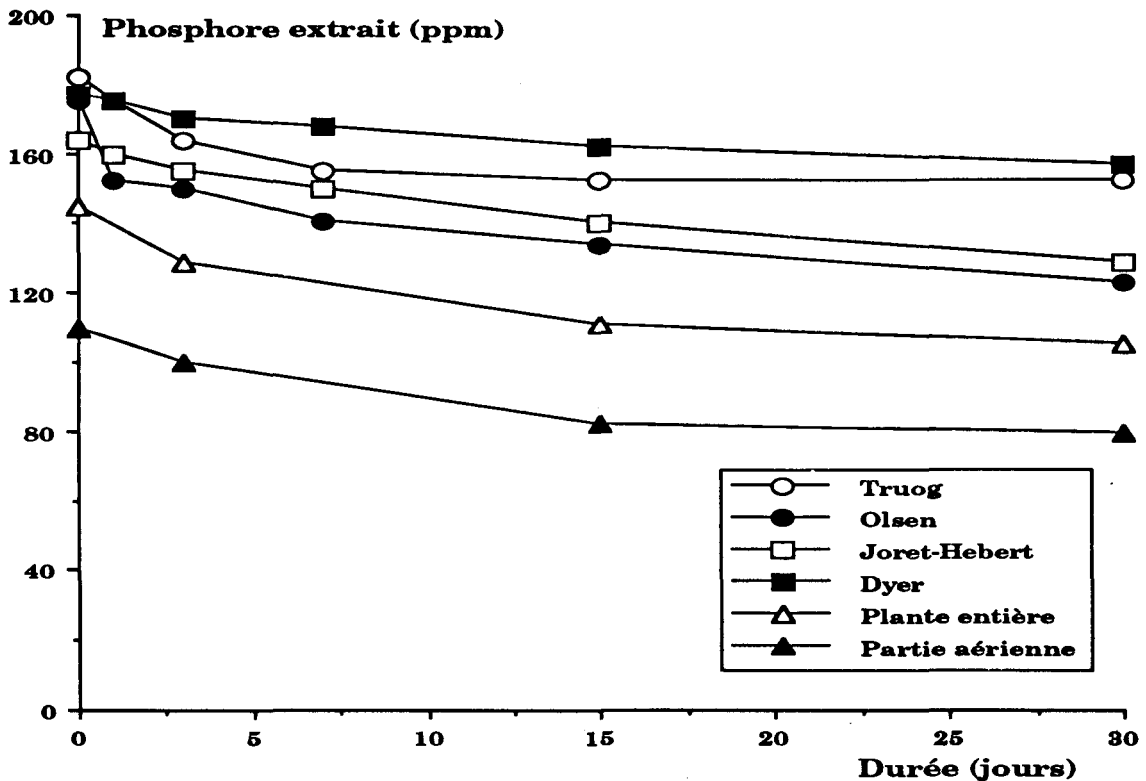


Figure 3. Rétrogradation du phosphore "assimilable" pendant 30 jours en sol calcaire après un apport de 200 ppm de P (KH_2PO_4): extraction par différents réactifs chimiques

1. Réactifs chimiques

Le phosphore apporté subit une "rétrogradation" progressive en fonction du temps. La "rétrogradation" est une diminution du phosphore soluble du sol par insolubilisation ou adsorption. Difficile à extraire par les réactifs chimiques, le phosphore immobilisé présente peu d'intérêt agronomique. Les quantités de P ainsi "rétrogradées" sont variables en fonction du type de sol (I, II ou III) et du réactif mais, dans tous les cas, elles augmentent rapidement au cours de la première semaine pour évoluer plus lentement par la suite.

La vitesse de "rétrogradation" est nettement plus importante en sol I (acide; Figure 1), qu'en sol II (voisin de la neutralité, Figure 2) ou sol III (légèrement calcaire, Figure 3).

En sol I, environ 40 à 50 % (selon les réactifs utilisés) du P apporté sont rétrogradés dès le premier jour et de 50 à 60 % au 7ème jour.

Par contre, en sol II ou en sol III, la rétrogradation de P est inférieure à 20 % à la fin du premier jour et à 25 % au bout d'une semaine. Les sols acides sont, en

effet, caractérisés par un degré de fixation de P plus élevé que les sols neutres et les sols calcaires (Wild, 1956; Wer, 1956; Blanchet *et al.*, 1965; El Mejhed, 1981; Kichli, 1987; Hafidi, 1990).

Les différences observées entre les quantités de P "assimilables" extraites par les différents réactifs chimiques sont en relation avec le mode d'action de ces réactifs. Les réactifs les plus énergiques extraient, en réalité, des formes de phosphore non "assimilable" par la plante.

2. Réactif biologique

L'utilisation du ray-grass comme réactif d'extraction biologique (Figures 1, 2 et 3) montre que les quantités de P extraites par la plante sont inférieures à celles obtenues par les réactifs chimiques.

Les résultats de la production de matière sèche, de phosphore exporté et de teneur de la plante en phosphore sont présentés dans le tableau 2.

Ils montrent une baisse de la production de matière végétale, une nette diminution du P exporté et de la teneur en P de la plante en fonction

Tableau 2. Rétrogradation du phosphore soluble dans trois types de sol en présence de ray-grass cultivé selon la méthode de Stanford & De Ment en présence de 20 g de terre renfermant 5 mg de P et implanté à des temps variables après l'apport de phosphore

Type de sol	Date d'implantation*	Matières sèches (mg/pot)	Teneur en P de la matière sèche (%)	P exporté par la partie aérienne mg P/pot	ppm P/sol	P exporté par la plante mg P/pot	ppm P/sol
Sol I	0	540	0,27	1,50	75	2	100
	3	520	0,20	1	50	1,33	66,70
	15	495	0,19	0,94	46,50	1,25	62
	30	435	0,17	0,75	37,50	1	50
Sol II	0	632	0,35	2,20	110	2,93	146
	3	605	0,30	1,80	90	2,40	120
	15	542	0,29	1,60	80	2,13	106,70
	30	511	0,30	1,52	76	2,03	101,30
Sol III	0	636	0,35	2,20	110	2,93	146,70
	3	617	0,31	1,92	96	2,56	128
	15	555	0,30	1,68	84	2,24	112
	30	540	0,30	1,60	80	2,13	106,70

* en jours

de l'intervalle de temps écoulé qui sépare l'apport du phosphore dans le sol et l'implantation du ray-grass, et ceci pour les trois sols testés.

En sol I (acide), la plante entière a exporté 100 ppm de P lorsqu'elle est mise en contact du substrat immédiatement après l'apport du P alors qu'elle n'en extrait que 50 ppm lorsqu'elle est implantée 30 jours plus tard.

Sur le sol II (voisin de la neutralité) et sur le sol III (légèrement calcaire), la plante a extrait environ 146 ppm lorsqu'il y a implantation immédiate et l'ordre de 100 ppm lorsque l'implantation n'a lieu que 30 jours après l'apport de phosphore.

Dans tous les cas, les réactifs chimiques permettent d'extraire des quantités de P plus élevées que le ray-grass dans les conditions de culture adaptées.

Les résultats obtenus montrent que l'action des réactifs chimiques dépend de leur pH et du type de sol (acide, neutre ou calcaire).

En sol acide (Figure 1), les réactifs neutres ou basiques (Joret-Hébert et Olsen) extraient des quantités de P supérieures à celles du groupe des réactifs acides (Truog et Dyer) alors qu'en sol neutre (Figure 2) et en sol calcaire (Figure 3), c'est l'inverse.

Les quantités plus élevées de P extraites d'un sol acide par les réactifs neutre ou basique sont vraisemblablement dues à la libération du phosphore des liaisons P-Al et P-Fe (Roche, 1983). Selon le même auteur, les réactifs acides sont susceptibles de dissoudre les phosphates calciques peu "assimilables" des sols neutres et des sols calcaires.

L'ensemble de ces résultats montre que le choix d'un réactif chimique pour la détermination du P "assimilable" doit tenir compte du pH du sol et de sa teneur en calcaire.

En effet, pour les quatre réactifs chimiques utilisés, on peut remarquer que, pour le sol acide, le réactif de Truog est le plus proche des conditions d'extraction par le ray-grass alors que, pour le sol neutre ou pour le sol calcaire c'est plutôt le réactif d'olsen, dans les conditions expérimentales choisies ici.

Cependant, certains réactifs (Dyer et Joret-Hébert) extraient des formes de phosphore en réalité non accessibles au système racinaire. Le recours à l'extraction biologique par la plante (Méthode de Stanford & De Ment) permet de surmonter ces difficultés.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Admont P.G., Boniface R., Jahiel M. & Morel C. (1986) Quelques observations sur les méthodes actuelles de dosage du phosphore assimilable des sols. *C.R. Acad. Agric. Fr.* 72,69-79
- Blanchet R., Morizet J., Chumont C. & Maertens C. (1965) Quelques exemples de l'utilisation d'un engrais phosphaté radioactif pour l'étude de l'alimentation phosphorique des plantes dans le sol. *Ann. agron.* 16 : 535-551
- Bouyadid A. (1989) Étude de l'évolution de la solubilité des engrais phosphatés et leurs effets résiduels sur les plantes. Mémoire de 3ème cycle en Agronomie. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat
- El Mejhed K. (1981) Contribution à l'étude de la fertilité phosphatée de quelques sols marocains (Comparaisons des méthodes). Mémoire de 3ème cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc
- Fardeau J.C. (1981) Cinétique de dilution isotopique et phosphore assimilable des sols. Thèse de Doctorat d'État, Paris VI
- Gachon L. & Tribou E. (1979) Fiabilité et limites du diagnostic de la fertilité phosphatée des sols établi à partir du phosphore isotopiquement diluable et pouvoir fixateur. *C.R. Acad. Agric. Fr.* 13 : 981-988
- Gachon L. (1966) - Phosphore isotopiquement diluable et pouvoir fixateur des sols en relation la croissance des plantes *C.R. Acad. Agric. Fr.* 52 : 1108-1116
- Hafidi M. (1990) Matières humiques et coefficient d'utilisation des phosphates. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique, Toulouse, Fr.
- Hafidi M., Sayag D. & André L. (1990) Matières humiques et coefficient d'utilisation des phosphates. Thèse de Doctorat. Inst. National Polytechnique, Toulouse
- Kichli V. (1987) Micro-cultures, méthodes Stanford et de Ment. *Les dossiers agronomiques d'Aspach-le-bas* 2: 59-86
- Lombaert V. (1987) Micro-cultures, méthode Stanford et De Ment. *Les dossiers Agronomiques d'Aspach-le-bas*, n°2
- Loudyi B. (1986) Niveau de carence en phosphore et le phosphore assimilable des sols de la région de Meknès. *Bulletin de l'ENA de Meknès (Maroc)* 23 : 23-29
- Mey P. (1979) Propriétés de roches phosphatées du carbonifère des pyrenées essai de valorisation agronomique. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique, Toulouse
- Morel C. (1988) Analyse, par traçage isotopique, du comportement du phosphore dans les systèmes sol-engrais-plante : conséquences en matière de fertilisation. Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille III
- Quemener J. (1968) Exemple d'application de la méthode Stanford et De Ment à des problèmes de fertilisation phosphatée *Ann. Agron.* 19 (5) : 589-604
- Roche P. (1983) Les méthodes d'appréciation di statut phosphorique des sols. leur application à l'estimation des besoins phosphatés. *3ème Congrès International sur les composés phosphatés.* IMPHOS. Bruxelles, 165-193
- Stanford G. & De Ment J.D. (1957) A method for measuring short term nutrient absorption by plants. I phosphorus. *Soil Sc. Soc. Amer.* 21: 613-617
- Terman G.L., Bouldin D.R. & Lehr Jr. (1958) Calcium phosphate fertilizers. I availability to plants and solubility in soils varying in pH. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* : 25-29
- Virmant S.N., Moulinier H. & Mazoyer R. (1966) Contribution à l'étude de méthodes de dosage de l'acide phosphorique assimilable des sols. *Ann. Agron.* 17 (2) :143 -155
- Wer R. (1956) Étude de la rétention des anions phosphoriques par les argiles: montmorillonite et kaolinite. *Ann. Agron.* 1:1-63
- Wild A. (1950) The retention of phosphate by soil. A review. *J. Soil* 1: 221- 238