

UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE  
(PARIS VI)

UNIVERSITE NANCY I

UNIVERSITE DE FRANCHE-COMTE

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE  
PARIS-GRIGNON

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE  
AGRONOMIQUE DE RENNES

**D.E.A.**  
de  
**PEDOLOGIE**

**Mathias SEXE**

**BIODISPONIBILITE DU PHOSPHORE DANS UN VERTISOL SOUMIS  
A DEUX SYSTEMES DE CULTURE DIFFERENTS (Martinique)**

**Septembre 1989**

**O.R.S.T.O.M.**

**M.O.S.T.  
MARTINIQUE**

**E.N.S.A.I.A.**

**Sciences du Sol  
NANCY**

## SOMMAIRE

### REMERCIEMENTS

### INTRODUCTION

### SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

#### A.ASPECT QUALITATIF DE LA BIODISPONIBILITE DU PHOSPHORE

##### 1.Les phénomènes abiotiques

1.1.Adsorption-désorption

1.2.Précipitation-dissolution

1.3.Altération minérale

##### 2.Les phénomènes biologiques

2.1.Intéractions entre la minéralisation de la matière organique (M.O.) et la biodisponibilité du phosphore

2.2.Influence de composés organiques sur les réactions physico-chimiques déterminant la biodisponibilité du phosphore

2.2.1.Production de composés organiques à action dissolvante et/ou complexante.

2.2.2.Recouvrements de surfaces absorbantes

#### B.ASPECT QUANTITATIF DE LA BIODISPONIBILITE DU PHOSPHORE

##### 1.Notion de flux absorbé

##### 2.Facteurs liés aux ions orthophosphates

##### 3.Facteurs édaphiques

#### C.MOYENS D'EVALUATION DE LA BIODISPONIBILITE

##### 1.Methodes d'extraction par un réactif chimique

##### 2.Méthodes physico-chimiques

2.1.Résines échangeuses d'anions

2.2.Méthodes isotopiques

### 3.Approche de la notion de biodisponibilité

3.1.Caractérisation des ions phosphates du sol

3.2 Limites des méthodes traditionnelles

## MATERIELS ET METHODES

1.Les sols

2.Expérimentation en vases de végétation

2.1.Les apports minéraux

2.2.Incorporation des apports minéraux

3.Les traitements mis en comparaison

4.Conduite de la culture

5.Fractionnement granulométrique des sols

6.Paramètres étudiés

7.Expression des résultats isotopiques

## PRESENTATION DES RESULTATS

1.La plante - Evaluation des quantités biodisponibles pour les systèmes Vertisol-Lolium perenne en 6 semaines de culture

1.1.Production de matière sèche

1.2.Phosphore exporté

1.3.Les coefficients réels d'utilisation de l'engrais

1.4.P-engrais exporté

1.5.Conclusion

2.Evaluation de l'offre potentielle des sols

2.1.Quantités de phosphore extraites par les résines

2.1.1.Résultats des principaux traitements

2.1.2.Cas des sols stériles

2.2.Cinétiques de dilution isotopiques

2.3.Conclusion

### 3.Résultats obtenus sur les fractions

3.1.Bilans pondéraux des fractionnements

3.2.Répartition du phosphore extrait par les résines

3.3.Cinétiques de dilution isotopique

3.4.Conclusion

### COMMENTAIRES ET DISCUSSION

1.Limites des méthodes employées pour estimer l'offre potentielle du sol en phosphore

2.Limites de l'appréciation de la biodisponibilité du phosphore basée sur la détermination de l'offre potentielle du sol

### CONCLUSION

### BIBLIOGRAPHIE

### ANNEXES

### RESUME -ABSTRACT

## REMERCIEMENTS

Je tiens à faire part de ma reconnaissance la plus sincère à M.JACQUIN et à son service pour la bonne ambiance et les conditions de travail qui y règnent, et que lui seul a su créer et maintenir excellentes.

Je remercie Emmanuel FROSSARD pour la patience et la compréhension qu'il a su m'accorder au cours de mon stage, ainsi que toute l'équipe du M.O.S.T. de Martinique, et en particulier Michel BROSSARD qui m'a accueilli dans sa famille avec beaucoup de gentillesse.

Je remercie également tous mes camarades du D.E.A. et de l'E.N.S.A.I.A., et tout spécialement Anne et Benoît, qui m'ont soutenu dans les moments difficiles.

Nancy, septembre 1989

## INTRODUCTION

L'intensification de l'agriculture dans les sols généralement pauvres des régions intertropicales, entraîne, si elle n'est pas menée avec les précautions nécessaires, des détériorations quelquefois irréversibles de la fertilité chimique et des propriétés physiques des sols.

L'abandon des périodes de jachère dans les systèmes de culture paysans des Antilles modifie profondément les stocks de matière organique et de phosphore total des sols (PROJET CEE-ORSTOM, 1988), où ce dernier est souvent un des principaux facteurs limitant à la production agricole (ROCHE et al., 1980).

Afin de mieux comprendre les changements introduits par la modification des pratiques culturales, nous avons comparé l'effet de deux systèmes de culture intensifs installés sur un vertisol.

Pour mener cette étude, il nous a semblé judicieux d'appliquer le concept développé par CALVET, 1988, qui propose une approche séparée des aspects qualitatifs et quantitatifs de la biodisponibilité du phosphore.

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Le phosphore décrit un cycle biogéochimique dans les sols (figure 1, STEWART et MACKERCHER, 1983).

Ainsi, la teneur en ions orthophosphates ( $PO_4^{3-}$ ) de la solution du sol, seule forme de phosphore consommée par les végétaux comme par les microorganismes du sol, (SUTTON et LARSEN, 1964), est dépendante à la fois de phénomènes abiotiques (réactivité de la phase minérale du sol) que de phénomènes biologiques.

Pour étudier la nutrition phosphatée de la plante, on doit apprécier la biodisponibilité du phosphore, soit son aptitude à être transféré d'un compartiment quelconque du sol à la plante (JUSTE, 1988).

CALVET (1988) décompose le concept de biodisponibilité d'un élément en deux parties, la première concernant l'aspect qualitatif de la biodisponibilité, la seconde son aspect quantitatif.

Ainsi, appliquée à l'alimentation phosphatée des végétaux, la biodisponibilité est définie,

-d'une part, comme la possibilité du phosphore à passer dans la solution du sol, ce qui peut être considéré comme l'offre potentielle du sol en phosphore,

-d'autre part, comme la quantité de phosphore qui peut être absorbée par une plante donnée, dans un sol donné et pendant une période de durée déterminée, donc comme une quantité biodisponible

Selon ces définitions, le phosphore "assimilable" du sol, ou encore la fraction du phosphore total accessible aux plantes, n'est que du phosphore susceptible d'être biodisponible pour la plante.

### A.ASPECT QUALITATIF DE LA BIODISPONIBILITE DU PHOSPHORE

Pour le décrire, on utilise un ensemble de propriétés liées au sol et au phosphore qui déterminent le passage des ions orthophosphates dans la solution du sol (état biodisponible).

#### 1. LES PHENOMENES ABIOTIQUES

Ce sont les transformations physico-chimiques et chimiques qui font passer le phosphore d'un état associé à la phase solide (adsorbé ou précipité) dans la phase liquide ou vice et versa.

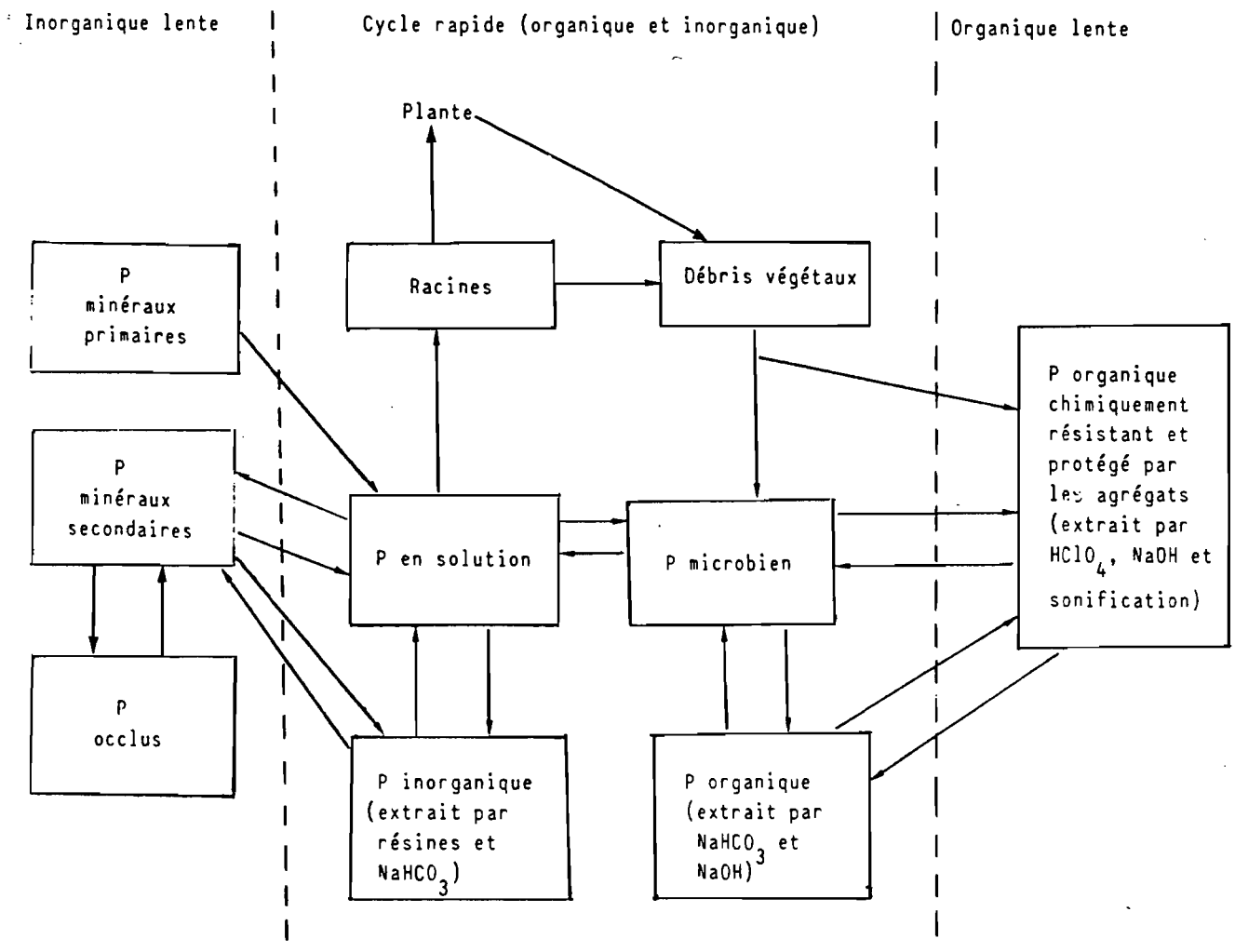


Fig. 1 - Cycle du phosphore dans les sols d'après STEWART et Mc KERCHER (1983)



### 1.1. Adsorption - désorption

L'adsorption des ions phosphates est une réaction surfacique et s'effectue par l'intermédiaire de cations sur les colloïdes argileux et humiques ou directement sur des ions calcium et des oxyhydroxydes métalliques par des réactions d'échanges de ligands (réactions spécifiques mettant en jeu des liaisons covalentes) ou par des liaisons coulombiques de plus faible énergie (BARBIER et al., 1946 ; FARES, 1976 ; BARROW, 1983).

Ces équilibres qui régissent la biodisponibilité du phosphore sont soumis à de nombreux facteurs.

Ils peuvent être décrits à l'aide des constantes d'équilibre thermodynamique, spécifiques à la nature des ions et à celle de l'adsorbant, et qui dépendent de la composition de la phase liquide et de la température.

La composition ionique de la solution du sol, peut ainsi changer l'affinité des surfaces adsorbantes (effet du pH; BARROW, 1984 ).

Les sols vertiques, constitués essentiellement de smectites sont relativement pauvres en oxydes mais ceux ci gardent leur rôle fondamental dans l'adsorption du phosphore en tant que principales surfaces électropositives.

Les smectites à charge variable interviennent par leur groupements aluminols de surface ainsi que par des ions calcium échangeables (BLANCHET, 1960; WEY, 1956 ).

De plus, les ions  $PO_4^{3-}$  peuvent diffuser à l'intérieur des colloïdes du sol. Les composés amorphes et mal cristallisés ont d'ailleurs une capacité d'absorption très supérieure à celles de composés bien cristallisés.

En conclusion, il apparaît que les mobilités des ions adsorbés, qui restent en mouvements continus entre l'adsorbant et la solution du sol (BLANCHET, 1960), sont très différentes. Il est donc impossible de définir un pool homogène d'ions assimilables ( FARDEAU, 1981; BARROW, 1983 ).

### 1.2. Précipitation - dissolution

Ce phénomène dépend principalement de la nature des ions en présence et de leurs concentrations dans la solution du sol.

Les modifications de la composition de la phase liquide du sol, par exemple lors d'un apport d'engrais, sont déterminantes pour cet équilibre.

### 1.3. Altération minérale

Il s'agit de la mise en solution d'ions orthophosphates par un processus d'altération minérale (une hydrolyse acide par exemple) qui se produit au cours d'une évolution pédologique plus ou moins lente, à partir de phosphates très peu solubles.

Ce sont alors les constantes cinétiques, qui dépendent par ailleurs de facteurs biologiques (sécrétion d'acides ou de substances complexantes) par les organismes du sol, qui permettent d'évaluer la biodisponibilité.

## 2. Les phénomènes biologiques

Le passage du phosphore en solution est dépendant de réactions inhérentes à l'activité des organismes vivants du sol (champignons, bactéries, racines...). La part de cette biodisponibilité induite par voie biochimique n'est pas négligeable car le phosphore organique total (P.O.T.) représente de 20 à 60% du phosphore total.

Cependant, de nombreux facteurs cinétiques sont à prendre en compte pour estimer cette biodisponibilité.

### 2.1. Interactions entre la minéralisation de la matière organique (M.O.) et la biodisponibilité du phosphore.

Le rapport C/P conditionne la minéralisation du phosphore organique. La libération de phosphates se produit pour une valeur de C/P inférieure à 300 (CONESA et al., 1979).

L'action des phosphatases extracellulaires excrétées par les organismes du sol ont à ce titre un rôle important.

Certains auteurs concluent que l'apport de phosphore dans des sols carencés en cet élément entraîne une minéralisation de la M.O., (MUNEVAR et WOLLUN, 1977).

Il semble cependant que l'on ne puisse pas établir de stricte relation entre minéralisation de la M.O. et biodisponibilité du phosphore (MAC GILL, 1979; MOUGUIAMA, 1985; FROSSARD, 1985).

### 2.2. Influence de composés organiques sur les réactions physico-chimiques déterminant la biodisponibilité du phosphore

#### 2.2.1. Production de composés organiques à action dissolvante et/ou complexante

Des anions organiques, (oxalate, citrate, tartrate, malate), en complexant le fer, l'aluminium et le calcium, peuvent libérer les ions phosphates liés à ces cations (LOPEZ HERNNADEZ, 1979) ou empêcher la formation de phosphates de fer et d'aluminium (EARL et al., 1979).

D'autre part, des composés dissolvants jouent un rôle dans la bioaltération de minéraux contenant du phosphore.

#### 2.2.2. Recouvrement de surfaces adsorbantes

YUAN (1980), FROSSARD et al. (1986) montrent qu'il existe des sites de fixation non spécifiques où entrent en compétition phosphates et composés organiques diminuant ainsi le pouvoir fixateur du sol.

## B.ASPECT QUANTITATIF DE LA BIODISPONIBILITE DU PHOSPHORE

Il s'agit des facteurs qui permettent de prévoir les quantités totales de phosphore qui peuvent être effectivement absorbées par une plante pendant une période déterminée et dans un milieu défini.

### 1. NOTION DE FLUX ABSORBE

La grandeur fondamentale qui permet d'accéder par une intégration temporelle et spatiale (par exemple de l'aire du système racinaire), à une quantité biodisponible est la densité de flux absorbé (CALVET, 1988), qui est la quantité de substance franchissant la membrane absorbante par unité de temps et par unité d'aire.

Cette dernière dépend de la concentration en phosphore au voisinage immédiat des membranes absorbantes de la racine.

Le flux d'approvisionnement du voisinage de la racine est une fonction complexe de facteurs qui peuvent s'influencer mutuellement, tels que l'activité microbienne, mais aussi la teneur en eau, la texture et la structure du sol, ...etc.

Nous n'en évoquerons qu'une partie.

### 2.FACTEURS LIES AUX IONS ORTHOPHOSPHATES.

Pour les ions  $PO_4^{3-}$ , présents à des concentrations très faibles dans la solution du sol, le transport dominant a lieu par diffusion moléculaire et ne peut concerner que de très petites distances, le coefficient de diffusion des ions phosphates étant d'environ  $10 \times 10^{-13} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  (PLENCHETTE, 1988).

La vitesse de diffusion, donc le flux, sont des fonctions croissantes de la teneur en eau (BLANCHET et al., 1974).

### 3.FACTEURS EDAPHIQUES.

Le déplacement très faible des ions phosphates montre que le développement du système racinaire et tous ses déterminants sont des facteurs de premier ordre dans l'estimation de la quantité disponible de phosphore pour la plante. L'offre potentielle du sol n'est réellement exploitée que dans la mesure où l'intervalle maximal entre deux radicelles n'excède pas 2 mm.

Notons que la structure du sol et sa stabilité sont les principaux facteurs de la colonisation racinaire du sol (HENIN et al, 1969).

## C. MOYENS D'EVALUATION DE LA BIODISPONIBILITE

Les méthodes traditionnelles de prédiction de la biodisponibilité du phosphore, se résument souvent par l'évaluation d'une quantité

Censée représenter le phosphore biodisponible, elle est extraite par un réactif approprié dans des conditions standardisées et référenciée par rapport à des comportements de plein champ.

Ces méthodes (BRAY, 1945; DYER, 1894; TRUOG, 1930; JORET HEBERT, 1955,...) qui ne présentent un bon pouvoir discriminant de la fertilité phosphatée qu'à l'intérieur d'une zone pédoclimatique déterminée, difficile à exporter.

Dans les régions inter-tropicales et en particulier dans les Antilles, relier les besoins des plantes en phosphore et les quantités de cet élément extraites du sol par une technique analytique classique ne s'est pas montré vraiment satisfaisant (BOYER, 1982).

### 1. METHODES D'EXTRACTION PAR UN REACTIF CHIMIQUE.

Les réactifs utilisés, non seulement déplacent le niveau des équilibres préexistants, mais sont plus ou moins sélectifs vis à vis des formes de phosphore présentes dans le sol. De plus leur sélectivité varie selon les caractères du milieu.

Ainsi, la mise au point d'une solution universelle d'extraction semble vouée à l'échec en raison des interactions entre les particules de sol et les extractants, quels qu'ils soient (BONIFACE et al., 1988).

Cependant, parmi de nombreux procédés, l'extraction du phosphore alcalino-soluble par la méthode OLSEN semble donner les meilleurs résultats.

FARDEAU et al., en 1987, et BONIFACE et al., 1988, dans des sols inter-tropicaux, montre que les solutions de phosphore extraites par le réactif d'OLSEN ont une composition isotopique plus proche de la solution du sol, que celles obtenues par les autres méthodes analysées.

Ces résultats confirment ceux de ROCHE et al., 1980, ROCHE, 1983, et WALMSLEY et CORNFORTH, 1973, qui donnent les méthodes OLSEN et OLSEN modifiée DABIN comme les mieux corrélées à la réponse culturale .

### 2. METHODES PHYSICO-CHIMIQUES

Ces méthodes mettent en jeu des processus physico-chimiques très différents, en l'occurrence des processus d'échanges ioniques qui affectent au minimum les équilibres chimiques du sol.

### 2.1. Résines échangeuses d'anions

L'emploi d'une résine anionique cherche à reproduire l'extraction active réalisée par la plante.

Dans les Antilles WALMSLEY et CORNFORTH (1973), en comparant différentes méthodes, déduisent que l'emploi de résines selon AMER et al., 1955, est un des moyens les plus représentatifs du phosphore utilisable par les plantes.

VAN RAIJ (1978), ROCHE et al. (1988) confirment ces résultats dans les pays inter-tropicaux.

### 2.2. Méthodes isotopiques

L'emploi d'isotopes radioactifs permet sans aucune extraction :

- de réaliser des cinétiques de dilution isotopique,
- de déterminer le phosphore isotopiquement échangeable dans le sol (valeur E),
- de mesurer le phosphore labile (valeur L), qui est le phosphore isotopiquement échangeable déterminé à l'aide d'une plante.

Les indices obtenus caractérisent les potentialités de transfert entre le sol et la plante.

Ils sont étroitement corrélés au phosphore exporté par les cultures (GACHON, 1988 ).

## 3. APPROCHE DE LA NOTION DE BIODISPONIBILITE.

On a défini la biodisponibilité comme un flux de phosphore or la notion de phosphore assimilable extrait par une méthode déterminée ne représente qu'une donnée statique, valable à un instant précis.

### 3.1. Caractérisation des ions phosphates du sol.

WHITE et BECKET, 1964, introduisent des notions de dynamique pour caractériser la fertilité phosphorique des sols à l'aide de 3 termes : Un terme intensité, I, qui représente le potentiel phosphate (ASLYNG, 1964), un terme quantité, Q, qui est la quantité d'ions isotopiquement échangée en 24 heures, et un terme capacité qui traduit les variations de I en fonction de celles de Q égal à  $dQ/dI$ .

FARDEAU et al., 1982, divisent les ions phosphates isotopiquement échangeables en 2 groupes : un compartiment d'ions libres qui corespond à la "source" de phosphore assimilé par les cultures et un ensemble hétérogène d'ions mobiles, en relation d'échanges avec le premier compartiment.

Les ions phosphates du compartiment des ions libres sont caractérisés par une même mobilité.

Ils sont pour une part en solution (quantité M1 ), et pour le reste liés à la phase solide du sol (quantité M2 ).

Reprenant les termes de WHITE et BECKET, FARDEAU les caractérise à l'aide des 3 facteurs suivants :

-le facteur intensité qui est égal à concentration d'ions en solution ( ml )

-le facteur quantité qui mesure la quantité totale des ions du pool ( M1+M2 )

-et le facteur capacité qui représente l'aptitude du sol à maintenir la concentration ml d'ions libres lors d'exportation de phosphore ( par exemple des prélèvements culturaux) ou lors d'un ajout d'engrais ( dml/d(M1+M2)).

La détermination de la quantité M2 ne se fait actuellement qu'au moyen d'une technique de double dilution isotopique délicate au plan de l'expérience.

De ce fait, on utilise comme approximation de la valeur M1+M2, la valeur E1, qui est la quantité totale d'ions phosphates isotopiquement échangée dans le système sol-solution en équilibre durant une minute, lors d'une cinétique de dilution isotopique.

De même, le facteur capacité est apprécié par la valeur M1/E1, soit r1/R, qui représente la répartition des ions libres entre la phase solide et la phase liquide pour une durée d'échange d'une minute.

La valeur r1/R est utilisée par FARDEAU, 1981, pour mesurer le pouvoir fixateur d'un sol. On l'obtient en effectuant le rapport de la radioactivité, r1, restant en solution après une minute d'échange, à la radioactivité, R, totale injectée dans le système.

FARDEAU et al., 1982, montrent que l'ensemble des ions mobiles n'est pas estimable quantitativement mais seulement caractérisable par des constantes se rapportant au flux moyen d'échange avec le pool des ions libres.

### 3.2.Limites des méthodes traditionnelles.

Suite aux définitions précédentes, on se rend compte des limites évidentes à toutes les tentatives de caractériser la biodisponibilité par une quantité finie de phosphore dite assimilable .

Cependant, si l'on se base sur l'hypothèse que la plante ne prélève que du phosphore isotopiquement échangeable, la caractérisation de ces ions peut donner une estimation correcte de la biodisponibilité du phosphore

Une quantité de phosphore peut dans une certaine mesure représenter l'offre potentielle du sol à condition de référencier cette quantité, non seulement à un temps d'échange et à un végétal donné, mais aussi à des paramètres de dynamique comme ceux représentant les cinétiques de dilution isotopiques définis par FARDEAU et al., 1982.

Il reste néanmoins que les méthodes analytiques utilisant les isotopes radioactifs sont impossibles à utiliser en analyse de routine .

Dans les Antilles, l'absence de références et de données comparatives entre les méthodes rend délicates les interprétations. On peut toujours utiliser comme valeur de référence le phosphore prélevé par la plante.

En effet la plante reste le meilleur révélateur de la biodisponibilité car elle intègre l'effet de tous les facteurs qui la détermine.

## MATERIELS ET METHODES

### 1. LES SOLS

Les sols utilisés dans l'expérimentation en vase de culture sont les horizons 0-10 cm d'un même vertisol lithomorphe magnésosodique soumis à 2 systèmes de culture intensifs, l'un prairial et l'autre maraîcher.

Les parcelles se trouvent en Martinique, Petites Antilles, dans la Station d'Essais En Culture Irriguées (S.E.C.I.) de Ste Anne, située au sud de l'île.

L'étude pédologique des profils actuels (annexes 1 et 2), bien que confirmant la parenté entre ces deux sols, révèle les modifications des caractéristiques des horizons de surface, dues aux différents systèmes de culture, en place depuis plus de 10 ans.

Ainsi le phosphore total du sol sous prairie est de 524 mg de P par kg de sol, dont 60% sous forme organique, alors qu'il n'est que de 276 mg de P par kg de sol sous culture maraîchère et de plus sous forme essentiellement minérale (70%).

De même, le taux de carbone atteint 3,8 % sous sol de prairie et 1,4 % sous sol maraîcher. Ces valeurs impliquent, pour ces sols des fonctionnements différents dans la dynamique du phosphore.

### 2. EXPERIMENTATION EN VASES DE VEGETATION

#### 2.1. Les apports minéraux

- L'engrais phosphaté

Il a été utilisé du  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , (DAP), dont le marquage radioactif a été réalisé au laboratoire selon BONIFACE et al. (1979) et dont la radioactivité spécifique était initialement de 99 MBq/g P, et du DAP non marqué aux doses de 33 mg de phosphore par kg de sol.

- Solution nutritive

Doses d'apports

N : 60  $\mu\text{g}$  par g de sol sous forme  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  et DAP

K : 60  $\mu\text{g}$  par g de sol sous forme KCl

Cu : 2  $\mu\text{g}$  par g de sol sous forme  $\text{CuCl}_2$

Mn : 1  $\mu\text{g}$  par g de sol sous forme  $\text{ZnSO}_4$

B : 1  $\mu\text{g}$  par g de sol sous forme  $\text{H}_3\text{BO}_3$

Mo : 0,1  $\mu\text{g}$  par g de sol sous forme d'heptamolybdate d'ammonium.



## 2.2. Incorporation des apports minéraux

- Le DAP est mélangé à sec avec 4,5 kg de chaque sol au temps  $t=0$ .

- Les autres apports sont incorporés sous forme liquide lors de la réhumectation à  $t = 0$  et sont renouvelés à chaque coupe.

## 3. LES TRAITEMENTS MIS EN COMPARAISON

Le tableau 1 regroupe les principales modalités réalisées pour chaque sol (Pr et M). Il a été aussi cultivé des témoins absolus (sans aucune fertilisation) et des vases avec DAP non marqué

désignation des traitements ( PR et M )	nombre de répétitions	date de mise en culture	apport de D.A.P. marqué 32P	remarques
C	7	$t=0$	sans	
I	7	$t=4$ semaines	sans	sol incubé
PC	7	$t=0$	avec	
PI	7	$t=4$ semaines	avec	sol incubé
S	1		sans	sols
PS	1		avec	stériles

- tableau 1 -

## 4. CONDUITE DE LA CULTURE

Les cultures et incubations sont réalisées en phytotron dans des vases contenant 300 g de terre sèche.

On sème 500 mg de graines de Ray grass (*Lolium Perenne*) par vase.

Les sols sont maintenus à la capacité au champs par addition d'eau déminéralisée.

La température est maintenue à 28°C et l'humidité à 80% excepté pour les 3 premières semaines ou un problème technique la limite à 45%. L'arrosage a alors été intensifié, entraînant des problèmes d'hydromorphie que l'on a constatés lors du dépotage.

Deux coupes sont réalisées à 4 semaines et 6 semaines. Ainsi, la durée de l'essai pour les traitements incubés (I et PI) est de 10 semaines.

## 5. FRACTIONNEMENT GRANULOMETRIQUE DES SOLS.

Il est réalisé par tamisages successifs à 200, 50, et 20 microns, après agitation dans l'eau (rapport 1/10) pendant 17

heures et sonication (dispersion à l'aide d'ultras sons ) pendant 1 minute.

Les fractions argileuses (F<2) et limoneuses (F2-20) sont séparées par sédimentation.

Les fractions argileuses sont flocculées par ajout de quelques gouttes d'une solution saturée de chlorure de zinc.

Le protocole de fractionnement est détaillé en annexe 4.

L'objectif premier de ce fractionnement est d'obtenir, sans altérer les fractions organiques, une séparation maximale des compartiments granulométriques du sol, (sables, limons, argiles), afin d'étudier les quantités et les différentes formes de phosphore liées à ces compartiments.

En effet, le but même de ce fractionnement proscrit l'utilisation d'agents chimiques pouvant entraîner une partie du phosphore en solution, car si une perte de quelques pourcents de l'azote total n'est pas conséquente pour l'étude de la répartition de cet élément, (FRANCOIS, 1988), une perte de même ampleur n'est pas acceptable pour le phosphore car ce sont les ions phosphates les moins retenus à la phase solide du sol qui sont biodisponibles.

La dispersion à l'eau se révélant insuffisante, nous avons soumis le sol à une attaque aux ultra-sons, qui sont souvent utilisés (CHEVIGNART, 1985), pour rompre mécaniquement les agrégats. Cependant, l'énergie qu'ils libèrent peut rompre les parois des cellules bactériennes, (MAC GILL et al., 1976).

En considérant que la dispersion maximale du sol est obtenue après destruction de la matière organique, les bilans pondéraux montrent que cette dispersion n'est pas atteinte avec le protocole utilisé, (tableau 2).

		sans destruction de la M.O.	avec destruction de la M.O.
Prairie	F>20	32.4	23.4
	F2-20	27	18
	F<2	43	54.9
Maraiçage	F>20	25.6	20.9
	F2-20	17.8	13.8
	F<2	58.4	63.7

tableau 2 : Fractionnement granulométrique  
Bilans pondéraux

## 6. PARAMETRES ETUDIES

Les dosages des ions phosphates en solution sont fait par colorimétrie selon la méthode de MURPHY et RILEY (OLSEN et SOMMERS, 1982).

Les mesures de phosphore radioactif s'effectuent à l'aide d'un spectromètre à scintillation liquide de type PACKARD TRICARD 460 CD sur 1 ml d'extrait mélangé à 10 ml d'instagel.

- La plante

Les récoltes sont séchées à l'étuve à 60°C, pesées puis analysées.

Le dosage du phosphore des récoltes est réalisé après calcination et minéralisation des échantillons.

- Le sol

Le dépotage des vertisols s'effectue après la coupe au collet des parties aériennes des plantes et après 24 heures de ressuyage. Les échantillons sont découpés en 6 parts égales d'environ 50 g.

On regroupe les parts opposées en les homogénéisant pour chaque analyse.

Après isolement, toutes les fractions sont séchées à l'étuve à 80°C, pesées, broyées puis analysées.

On dose le phosphore par désorption sur résines anioniques de type DOWEX 2X4, conditionnées avec l'ion chlorure. Les mesures de pH effectuées montrent que celui-ci est peu modifié lors de la désorption sur les résines (tableau 3).

	<i>maraîchage</i>	<i>prairie</i>
pH CaCl <sub>2</sub> 0.01M	5,6	5,3
pH résines	6,2	5,9

- tableau 3 : mesure des pH pour un rapport sol-solution de 1/100

Les mesures de pouvoir fixateur s'effectuent par la technique des cinétiques de dilution isotopique des ions  $PO_4^{3-}$  dans le système sol-solution de sol en état stationnaire (FARDEAU, 1981).

## 7. EXPRESSION DES RESULTATS ISOTOPIQUES

L'introduction de D.A.P. marqué nous permet de calculer le coefficient réel d'utilisation (C.R.U.) de l'engrais phosphaté par la plante. Il est obtenu en calculant le rapport de la quantité de traceur présent dans le végétal à la quantité de traceur introduite.

$$C.R.U. (\%) = r/R * 100$$

r: radioactivité dans la plante en c.p.m.

R: radioactivité totale introduite en c.p.m.

De la même façon, on calcule le rapport de la quantité de traceur présent dans l'extrait résine à la quantité de traceur introduite dans le sol, r/R, avec :

r: radioactivité des ions  $PO_4^{3-}$  dans l'extrait résine en c.p.m.

Les travaux de BARBIER et HUSON, 1952, montrent que pour une extraction donnée il n'est pas possible de déterminer la part de phosphore provenant de l'apport initial si les ions extraits ne proviennent pas uniquement du pool des ions PO isotopiquement échangeables

FARDEAU et al., 1982, vont plus loin en remettant en cause les concepts des valeurs E et L dont le calcul repose sur l'existence d'un ensemble homogène d'ions isotopiquement diluables alors que les cinétiques d'échanges isotopiques, n'étant pas du premier ordre impliquent que ces ions forment un système à plus de 2 compartiments.

Cependant, les résultats obtenus par GACHON, 1988, pour la détermination de la valeur E montrent que l'activité spécifique de la solution du sol est peu modifiée par l'emploi de résines anioniques conditionnées par l'ion Cl.

Ainsi, on estime que le phosphore extrait par les résines est du phosphore isotopiquement échangeable .

On peut donc calculer à partir des proportions de radioactivité des extraits résines , les quantités provenant de l'engrais qu'ils contiennent.

PRESENTATION DES RESULTATS

remarque préliminaire

Les problèmes techniques survenus au cours de l'expérimentation ont fortement influencé les résultats obtenus.

Il semble que le stress hydrique subit lors des 3 premières semaines a particulièrement affecté la culture en sol maraîcher.

Les conditions de culture ont ensuite été optimales pendant 5 semaines, soit avant la coupe 2 des traitements cultivés à t=0 et avant la coupe 1 en sols incubés. Par ailleurs, une coupure de courant prolongée pendant la neuvième semaine a limité le développement des végétaux avant la coupe 2 en sols incubés.

En conclusion, les effets du facteur "incubation" sont à interpréter avec des réserves.

1. LA PLANTE - EVALUATION DES QUANTITES BIODISPONIBLES POUR  
LES SYSTEME VERTISOL-LOLIUM PERENNE EN 6 SEMAINES DE  
CULTURE.

Tous les calculs statistiques sont réalisés, pour chaque traitement, sur 5 répétitions.

L'influence des 3 principaux facteurs, soient le facteur sol (prairial ou maraîcher), le facteur engrais (D.A.P. ou non), le facteur incubation (culture à t=0 ou t=4), sont étudiés à l'aide d'analyses de variances et de comparaisons de moyennes.

1.1. Production de matière sèche (tableau 4).

La production est plus importante en sol prairial qu'en sol maraîcher.

D'autre part, il n'apparaît pas de différence significative entre les traitements avec ou sans apport de DAP excepté en sol prairial lorsque l'engrais est apporté en début de culture.

L'effet de l'incubation se superposant aux problèmes de conduite de culture, il n'est pas possible de comparer les traitements incubés et culture à t=0.

Traitements	M.S.1	M.S.2	total M.S.
PR C	0,95	1,18	2,14
PR I	0,81	0,50	1,31
PR PC	1,17	1,35	2,52
PR PI	0,81	0,56	1,36
M C	0,52	0,78	1,30
M I	0,64	0,46	1,10
M PC	0,49	0,75	1,24
M PI	0,61	0,44	1,06

-tableau 4 -M.S. : matière sèche en gramme  
-1 et 2 : numéros des coupes

### 1.2. Phosphore exporté (figure 2, tableau 5).

Pour les traitements cultivés à t=0, les plantes exportent plus en sols prairiaux qu'en sols maraîchers, on assiste cependant au phénomène inverse après incubation.

Les traitements avec apport d'engrais exportent plus de phosphore total.

En outre, sur l'ensemble des traitements incubés et principalement en coupe 2 ou l'effet du phosphore apporté par la graine ne se fait pas ressentir, les exportations sont plus faibles. Néanmoins ces résultats coïncident avec les problèmes de conduite de culture, comme en coupe 1 pour le sol maraîcher cultivé à t=0 qui semble avoir été particulièrement affecté par le stress hydrique des premières semaines.

### 1.3. Les coefficients réels d'utilisation (C.R.U.) de l'engrais (tableau 6).

Les C.R.U. en sol maraîchers sont toujours significativement supérieurs aux C.R.U. en sol prairiaux.

On note que l'apport de P-engrais ne change pas significativement l'exportation de P-sol.

Pour tous les traitements, la coupe 1 en sol maraîcher exceptée, les C.R.U. diminuent significativement lorsqu'il y a incubation. Le phénomène est nettement marqué en coupe 2.

En sol prairial, la baisse atteint 54%, en sol maraîcher, 46%. On note d'ailleurs que pour une même période d'incubation, les C.R.U. en sols prairiaux diminuent beaucoup plus qu'en sols maraîchers.

### 1.4. P-engrais exporté (figure 3).

A l'inverse des quantités de P-total exporté, la plante en sol maraîcher exporte plus de P-engrais qu'en sol prairial.

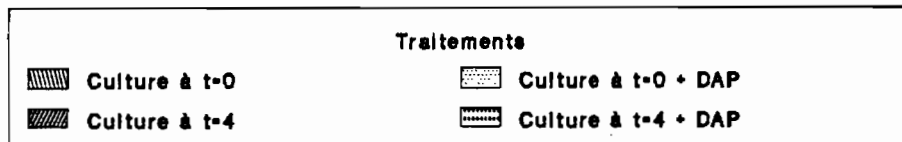
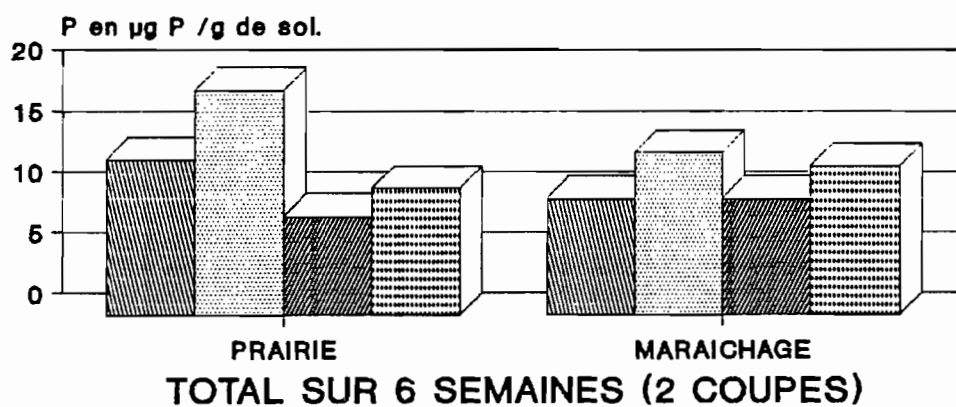
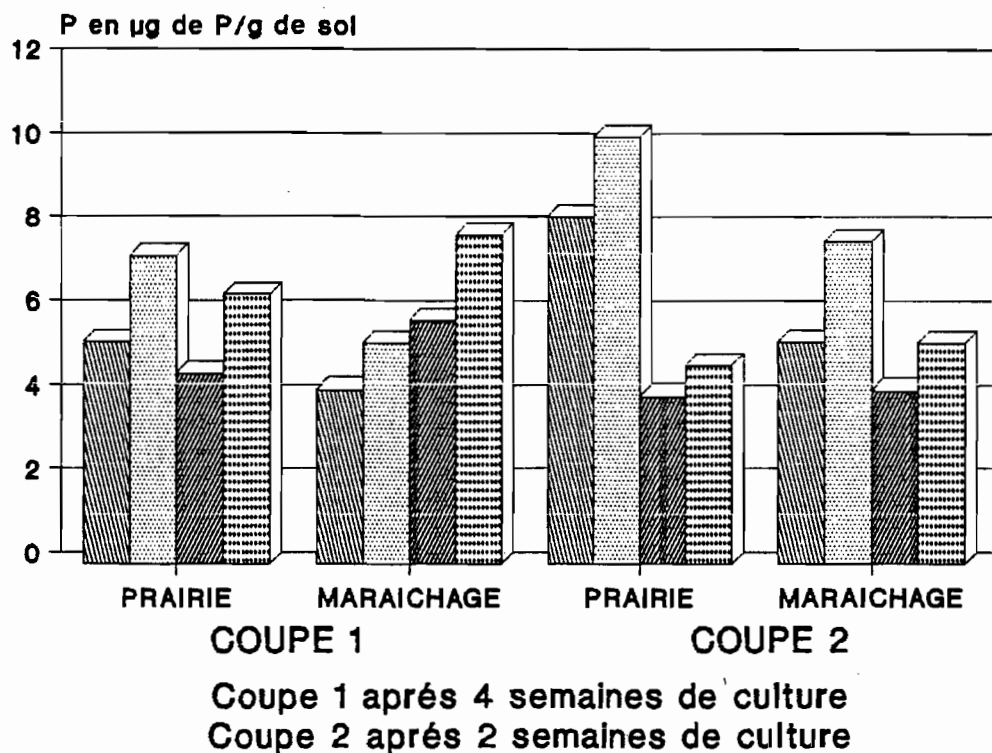
Après incubation, les quantités de P-engrais exporté sont plus faibles à l'exception de la coupe 1 à 4 semaines ou les problèmes de structure ont surement limité l'exploration du sol maraîcher par les racines.

### 1.5. Conclusion

Les stress hydriques survenus au cours des premières semaines de culture révèlent que la structure du sol est le facteur limitant principal à la production végétale en sol maraîcher.

D'autre part, en sol prairial la plante produit plus de matière sèche. De plus, malgré des C.R.U. toujours inférieurs aux sols maraîchers, elle exporte des quantités de phosphore plus élevées en sol prairial lorsque l'apport d'engrais est réalisé en début de culture .

# PHOSPHORE EXPORTE PAR LA PLANTE



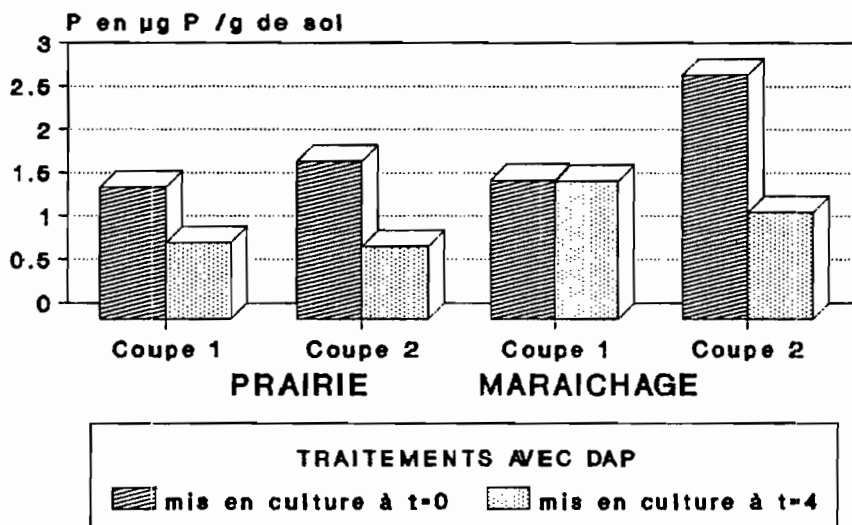
**QUANTITES BIODISPONIBLES DE PHOSPHORE**  
Phosphore total exporté par la plante  
sur une durée de 6 semaines.

Traitements	Pexp.1	Pexp.2	total Pexp
PR C	5,51	7,3	12,81
PR I	4,13	4,02	8,15
PR PC	7,66	10,88	18,54
PR PI	5,71	4,73	10,44
M C	4,05	5,52	9,57
M I	5,44	4,15	9,59
M PC	5,45	7,95	13,4
M PI	6,89	5,38	12,27

- tableau 5 -

Pexp : Phosphore exporté par la plante en  $\mu\text{g}$  de P par g de sol  
1 et 2 : numéros des coupes

## P-ENGRAIS EXPORTE PAR LA PLANTE



## QUANTITES BIODISPONIBLES DE P-ENGRAIS

La coupe 1 est réalisée après 4 semaines  
la coupe 2, 2 semaines.

-figure 3 -

Traitements	C.R.U.1	C.R.U.2	C.R.U.
PR PC	4,61	5,52	10,13
PR PI	2,67	2,55	5,22
M PC	4,84	6,86	11,7
M PI	4,81	3,73	8,54

-tableau 6 - C.R.U. : coefficient d'utilisation réel de l'engrais.  
1 et 2 : numéro des coupes.



## 2. EVALUATION DE L'OFFRE POTENTIELLE DES SOLS.

### 2.1. Quantités de phosphore extraites par les résines.

avant propos : les faibles valeurs obtenues ainsi que les variations rencontrées dans des répétitions sur un échantillon de sol ou dans un même traitement rendent quelquefois délicates l'interprétation de résultats sans répétition qui n'ont alors qu'une valeur indicative. Seuls les résultats de la coupe 2 sont issus de mesures sur 5 échantillons.

#### 2.1.1. Résultats des principaux traitements.

##### -Résultats 31P (figure 4)

Les quantités de phosphore extraites par les résines sont globalement supérieures en sol maraîcher.

Lors de la première coupe en sols cultivés à  $t=0$  et malgré les exportations effectuées par la culture, l'augmentation des stocks est significative.

Ce phénomène peut s'expliquer par les problèmes d'hydromorphie survenus lors des premières semaines de l'expérimentation, qui en mobilisant le fer par des réactions d'oxydoréduction, libèrent des phosphates.

En effet, il faut signaler que le sol maraîcher, plus sensible à la prise en masse de par sa structure, a reçu des quantités d'eau plus importantes que le sol prairial lors des arrosages successifs.

En coupe 2, la baisse des stocks est significative. Elle est d'ailleurs plus forte en sol prairial qu'en sol maraîcher pour les traitements avec D.A.P. et cultivés dès  $t=0$ .

Dans tous les traitements où le nombre de répétitions permet une analyse statistique, on constate que l'apport d'engrais augmente les quantités de phosphore extrait. La différence est encore significative après 10 semaines pour les sols incubés.

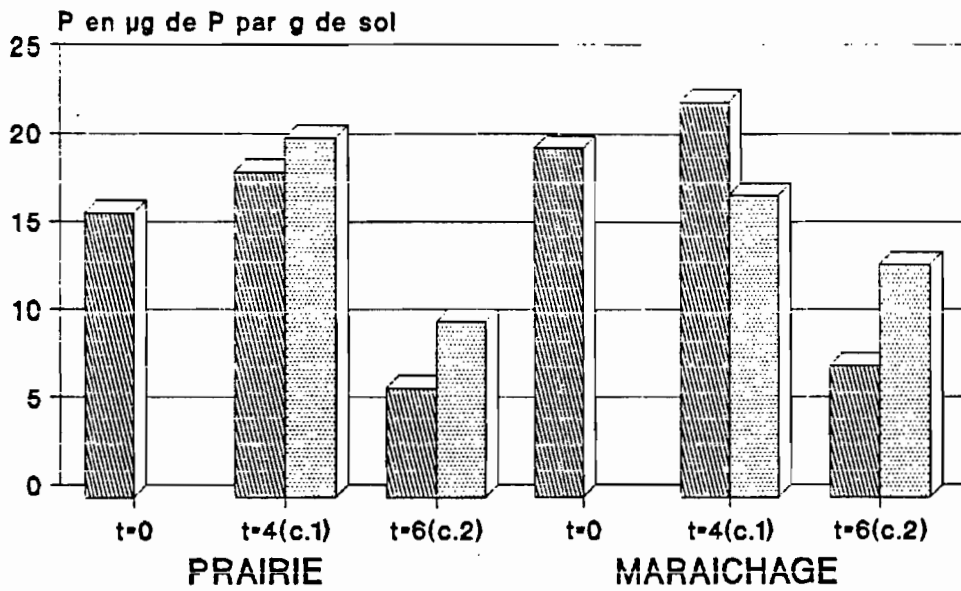
Les quantités désorbées après incubation sont plus importantes que pour les sols cultivés à  $t=0$ , mais il est impossible de différencier les effets dus à l'incubation de ceux provenant des phénomènes d'hydromorphie constatés sur les traitements incubés.

En effet, et plus encore que pour le maraîchage cultivé, tous les sols incubés, qui n'étaient ni protégés par un couvert végétal, ni sujet à l'évapotranspiration et à l'exportation d'eau par les cultures, donc se dessèchant et prenant en masse d'autant plus facilement en surface sous une hydrométrie faible (45 %), ont reçu des quantités d'eau d'arrosage importantes.

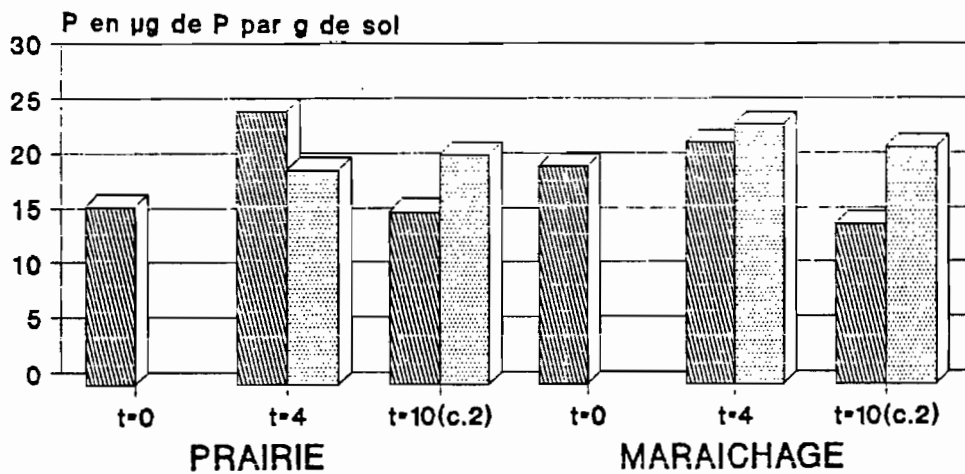
Après la deuxième coupe, si les témoins retrouvent un stock équivalent au stock de départ, ceux des traitements avec D.A.P. restent supérieurs.

# PHOSPHORE EXTRAIT RESINES

## Traitements mis en culture à t=0



## Traitements incubés durant 4 semaines



CE SONT LES QUANTITES DE PHOSPHORE EXTRAITES PAR DES RESINES ANIONIQUES

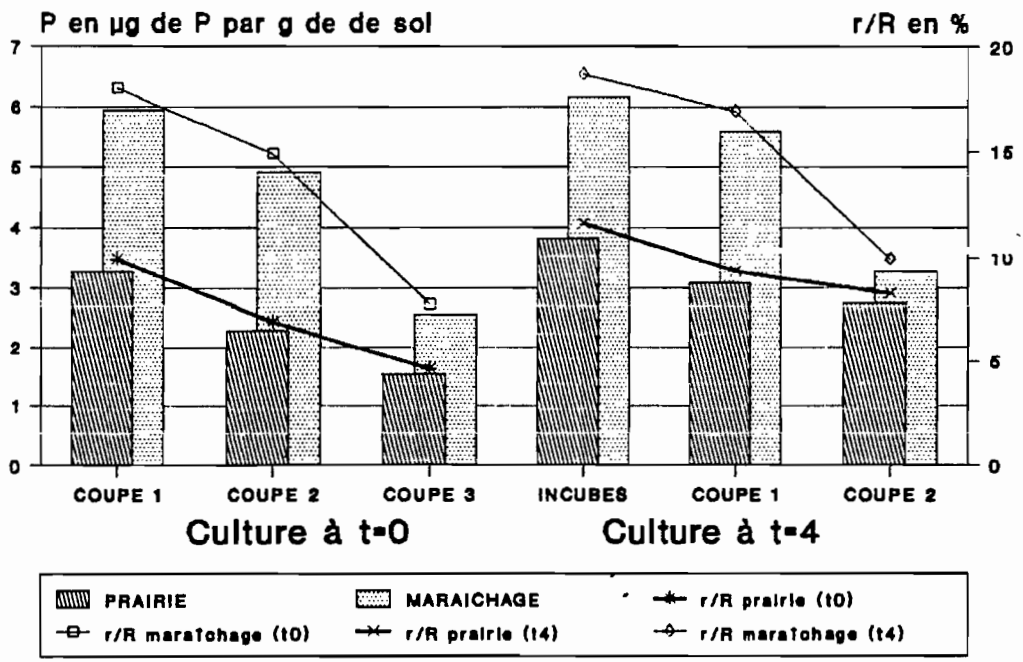
- figure 4-  
Seuls les résultats de la coupe 2 sont réalisés sur 5 répétitions.

	MARAICHAGE		PRAIRIE	
	P-rés sur sol témoin	(P-rés)-(P-eng) sur sol avec D.A.P.	P-rés sur sol témoin	(P-rés)-(P-eng) sur sol avec D.A.P.
Culture à t=0	7,5	8,4	6,2	7,8
Culture à t=4	14,7	17,8	15,8	18,2

- tableau 7-

P-rés : quantité de phosphore extraite sur des résines en µg de P par g de sol.  
 P-eng : quantité provenant de l'engrais mesurée dans l'extrait

### QUANTITES DE P-ENGRAIS ET EVOLUTION DU r/R DANS LES EXTRAITS RESINES



-figure 5 -

-Résultats 32P (figure 5)

En sols maraîchers, les pourcentages de radioactivité totale dans les extraits résines atteignent des valeurs (18 % après 4 semaines) proches du double de celles mesurées en sols prairiaux à l'exception toutefois de la période entre 8 et 10 semaines où les problèmes de conduite de culture (cf remarque préliminaire) ont une fois de plus affecté principalement le sol maraîcher.

D'autre part, en coupe 2 où l'on a des résultats obtenus sur 5 répétitions (tableau 7), on remarque que pour tous les traitements, l'apport d'engrais augmente les quantités extraites de P-sol d'une valeur supérieure aux quantités de P provenant del'engrais mesuré dans les extraits.

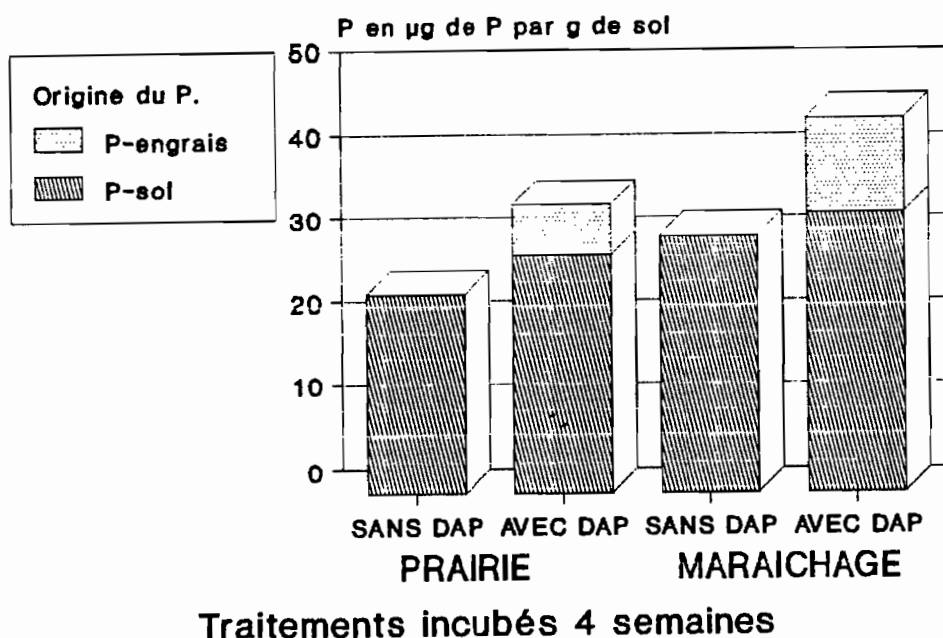
L'apport d'engrais modifie donc les réserves de P-sol. Il est probable que cette augmentation du phosphore déterminé comme assimilable par la méthode des résines soit à mettre en relation avec des phénomènes d'échanges entre les ions PO<sub>4</sub> apportés par l'engrais et des ions adsorbés du pool d'ions isotopiquement échangeables non extraits par les résines.

Toutefois cette modification du P-sol n'apparaît pas significativement dans les résultats observés sur les plantes.

2.1.2. Cas des sol stériles (figure 6).

Par rapport aux traitements incubés non stériles, l'incubation de sols rendus stériles suite à un apport de 30 ml par vase d'une solution de mercurothiolate de sodium à 15 % accroit le stock de "P-résine" de façon importante (+ 50%).

**QUANTITES DE PHOSPHORE EXTRAITES PAR LES RESINES EN SOLS RENDUS STERILES ( par apport de mercurothiolate )**



- figure 6 -

Cependant, si la stérilité des traitements ne fait aucun doute, il est probable que l'ajout de mercurothiolate rende extractible du phosphore par suite d'effets physico-chimiques (les feuilles d'aluminium couvrant les vases ont même été attaquées !).

Ce phénomène rend impossible une estimation quantitative de la non réorganisation microbienne ou de l'apport possible de P-microbien rendu extractible.

En outre, l'engrais apporté se retrouve en quantités plus importantes (jusqu'à 27 % après 4 semaines) dans les extraits résines des sols rendus stériles.

Respectivement 73 % et 81 % de l'engrais apporté ne sont plus considéré comme assimilable après 4 semaines en sol maraîcher et prairial, et ce par des phénomènes purement physico-chimiques.

## 2.2. Cinétiques de dilution isotopiques (tableau 8).

Les valeurs des indices classent ces sols dans la catégorie à fort pouvoir fixateur ( $r_1/R < 0,2$ ).

Le sol prairial a cependant un pouvoir fixateur supérieur au sol maraîcher. Le compartiment des ions libres ( $M_1+M_2$ ), caractérisant les ions de même mobilité directement bidisponible pour la plante, (cf synthèse bibliographique C.3), et estimé par  $E_1$  ( $E_1 = R/r_1 * M_1$ ), est supérieur en sol maraîcher.

L'équation mathématique simplifiée qui décrit la cinétique est:  $r_t = r_1 * t$ ,  $r_t$  étant la radioactivité restant en solution après  $t$  minutes d'échanges. On peut ainsi suivre l'évolution du pourcentage de radioactivité dans la solution du sol au cours du temps (figure 7).

Après 24 heures, On calcule qu'il reste encore 2 % de la radioactivité initiale dans la solution du sol maraîcher, et seulement 0,7 % en sol prairial.

## 2.3.conclusion

Il apparait que l'offre potentielle en phosphore biodisponible du sol est plus importante en sol maraîcher qu'en sol prairial.

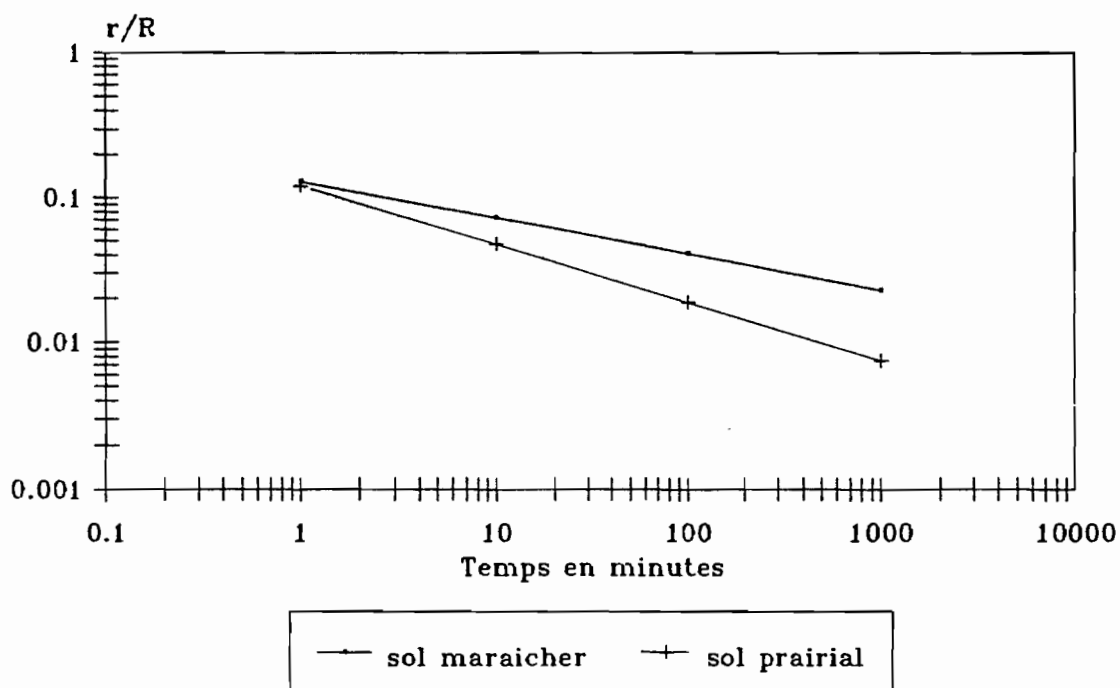
En effet, les quantités de phosphore extraites par les résines de même que les proportions d'engrais marqué contenu dans ces extraits sont supérieurs en sol maraîcher.

Ce résultat est confirmé par la mesure du pouvoir fixateur selon FARDEAU, 1981, plus fort en sol prairial.

## 3.RESULTATS OBTENUS SUR LES FRACTIONS.

Aux temps clefs de l'expérimentation en vase de culture, un échantillon des principaux traitements subit un fractionnement granulométrique et quantitatif. Le phosphore total du sol, moins

## CINETIQUES DE DILUTION ISOTOPIQUE



EVOLUTION DU POURCENTAGE DE LA  
RADIOACTIVITE EN FONCTION DU TEMPS

- figure 7 -

Paramètres	M1	n	r1/R	E1
Maraîcher	0,56	0,25	0,13	4,30
Prairial	0,39	0,40	0,12	3,25

-tableau 8 -

M1 : phosphore en solution  
 r1/R : pouvoir fixateur du sol envers les ions phosphates  
 R : radioactivité introduite  
 r1 : radioactivité après une minute  
 E1 : quantité calculée d'ions phosphates isotopiquement  
 échangés pendant une minute

le phosphore soluble dans l'eau, se trouve ainsi partagé entre les différentes fractions du sol.

On mesure les quantités de phosphates, y compris ceux provenant de l'engrais marqué, par extraction sur les résines pour chacune des fractions obtenues.

### 3.1. Bilans pondéraux des fractionnements.

Le bilan pondéral de récupération moyen du fractionnement s'élève à 99,5 % sur les 18 fractionnements réalisés tous traitements confondus.

Les argiles (F<2) représentent respectivement 58,4 % et 43 % du poids des sols maraîchers et prairiaux avant traitements, les limons (F2-20) 17,8 % et 26,9 %, les sables (F>20) 25,6 % et 32,4 % .

Les incubations et cultures ne modifient pas significativement les valeurs pondérales des fractions.

Néanmoins ce sont les valeurs obtenues sur chaque échantillon fractionné qui sont utilisées pour calculer la quantité de phosphore totale expliquée par les mesures de "P-résines" réalisées sur les fractions.

### 3.2. Répartition du phosphore extrait par les résines.

Les schémas 8 et 9 représentent en fonction du temps et pour les principaux traitements, d'une part la quantité de phosphore extraite du sol entier de l'échantillon fractionné et d'autre part les quantités de phosphore extraites des fractions et rapportées à leur distribution granulométrique.

On remarque que cette quantité totalisée est inférieure au "P-résines" des sols maraîchers , alors qu'elle est supérieure en sol prairial. Ce phénomène, qui peut être un artefact introduit par le protocole de fractionnement, est analysé dans la partie "Commentaires et Discussion."

D'autre part il apparait que la fraction argileuse (F<2) explique une part importante du phosphore assimilable du sol, entre 54 % et 68 % en sol maraîcher et entre 33 % et 54% en sol prairial. Au cours de la culture elle diminue aux dépens des autres fractions en sol maraîcher, alors qu'elle augmente en sol prairial.

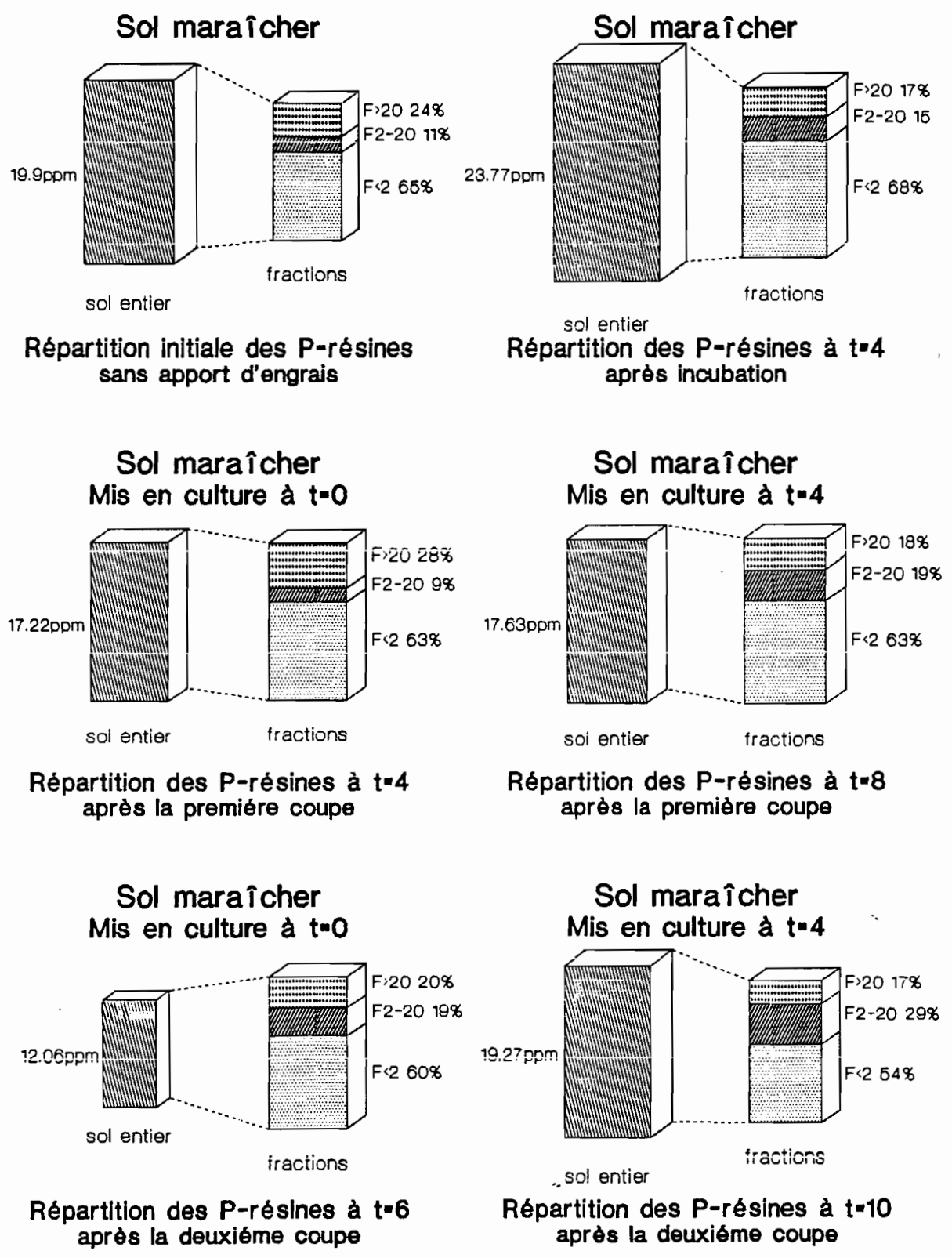
En outre, dans tous les traitements, la fraction limoneuse (F2-20) explique une part croissante du "P-résines" des sols au cours de la culture.

En sol prairial après incubation la moitié du phosphore assimilable est à impliquer à la fraction >20 $\mu$ m.

### 3.3. Cinétiques de dilution isotopique.

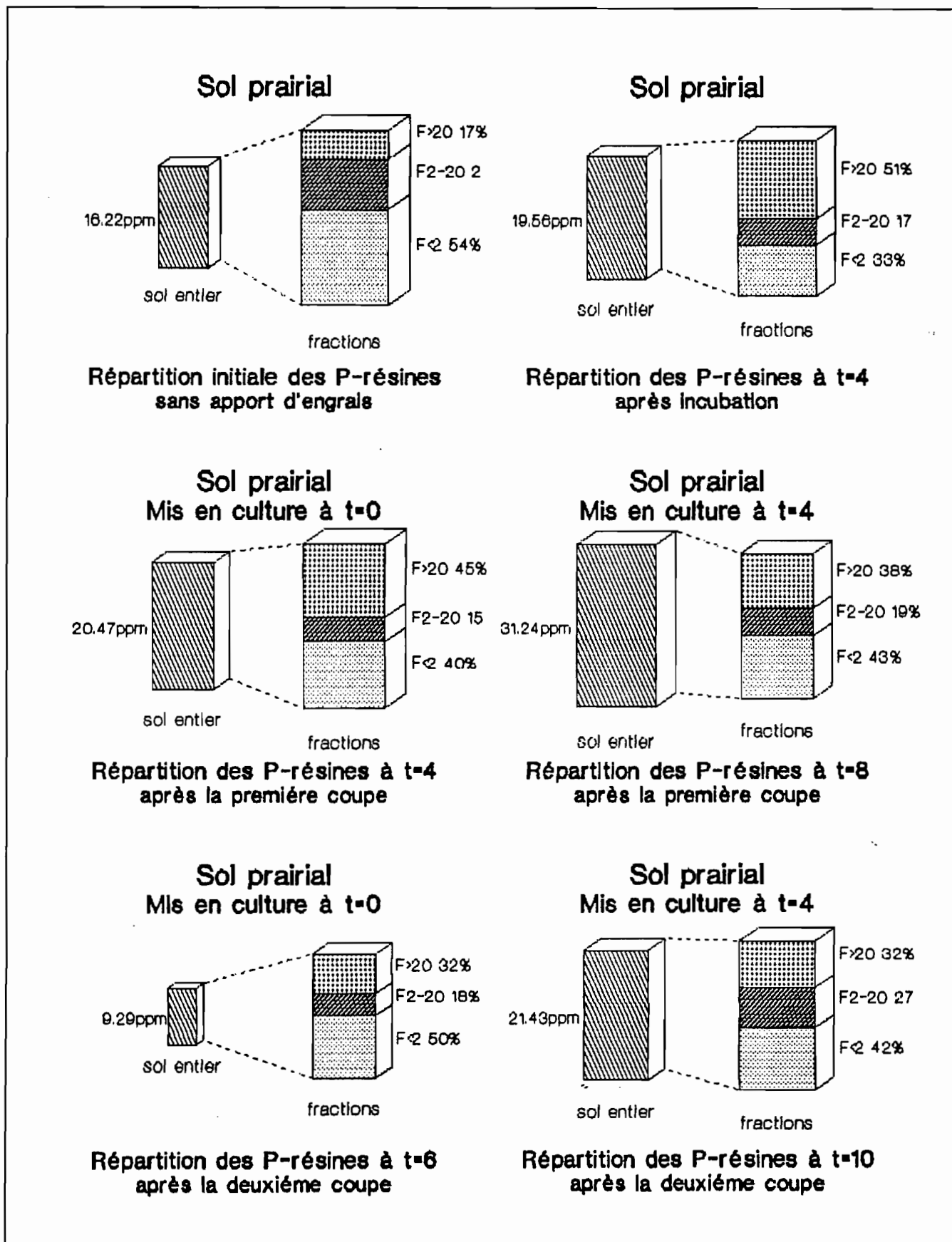
La mise en oeuvre de cinétiques de dilution isotopique sur les fractions nous éclaire sur l'importance des changements survenus après fractionnement dans l'ensemble des ions isotopiquement échangeables, donc assimilables, du sol.

En effet, les fractions ne possèdent plus de compartiment d'ions libres, les valeurs des ions phosphates en solution (M1)



**IMPORTANCE RELATIVE DES FRACTIONS DANS LA REPARTITION DU PHOSPHORE EXTRAIT PAR LES RESINES**





**IMPORTANCE RELATIVE DES FRACTIONS DANS LA REPARTITION  
DU PHOSPHORE EXTRAIT PAR LES RESINES**

étant trop faibles pour être mesurées. Bien entendu, les pouvoirs fixateurs sont très élevés.

#### 3.4.Conclusion.

Les résultats obtenus ne nous permettent pas d'apporter de conclusion pertinente sur le rôle des fractions dans le stockage et la libération du phosphore biodisponible des sols.

Premièrement il s'est révélé que les quantités de radioactivité contenues dans les extraits résines des fractions étaient trop faibles après 12 semaines d'expérimentations pour une interprétation correcte des résultats,

Deuxièmement, le protocole de fractionnement utilisé élimine les quantités de phosphore peu retenues à la phase solide du sol, alors que ce sont justement ces très faibles quantités qui régissent la biodisponibilité du phosphore dans le sol.

Par contre ces résultats soulèvent le problème important de l'influence de l'état dispersif du sol lors de la caractérisation de l'offre potentielle d'un sol.

## COMMENTAIRES ET DISCUSSION

La théorie de CALVET, 1988, se rapportant au concept de biodisponibilité, nous indique que l'estimation d'une quantité biodisponible potentielle doit se faire sous deux approches:

La première concerne les paramètres qui caractérisent l'aspect qualitatif de la biodisponibilité : elle apporte une offre potentielle du sol en phosphore.

La seconde concerne les paramètres qui caractérisent l'aspect quantitatif de la biodisponibilité et apporte les quantités de phosphore que peut prélever une plante dans un milieu donné et pendant une durée déterminée.

Seulement si un ou plusieurs facteurs de l'environnement de la culture deviennent limitants, la quantité totale absorbée, soit la quantité biodisponible réelle, sera inférieure à la quantité biodisponible potentielle.

Le problème est alors d'identifier et de décrire ces facteurs pour pouvoir prévoir les quantités biodisponibles réelles susceptibles d'être absorbées.

Le test biologique que nous avons mis en place ne mesure qu'une quantité biodisponible réelle.

L'écart observé entre la prévision des quantités absorbées et les résultats des cultures peut être imputer à 2 phénomènes:

- une mauvaise estimation de l'offre potentielle du sol
- la non prise en compte de facteurs limitants de l'environnement.

### 1.LIMITES DES METHODES EMPLOYEES POUR ESTIMER L'OFFRE POTENTIELLE DU SOL EN PHOSPHORE.

On constate, lors de l'observation de la répartition du "P-résines" des fractions (cf.3.2.Présentation des données), que dans tous les traitements en sol maraîcher, la quantité totalisée de phosphore extraite sur les fractions est inférieure à la quantité de phosphore extraite sur le sol entier.

On suppose que ce phénomène est imputable au protocole de fractionnement granulométrique.

En effet, la séparation des fractions s'opère par lavages successifs à l'eau ce qui élimine les ions du compartiment des ions libres. Ce phénomène est vérifié par les valeurs nulles de phosphore soluble dans l'eau (M1) mesurées sur les fractions.

Ainsi, le fractionnement revient à soumettre les sols à une exportation intensive de phosphore extractible à l'eau, donc directement assimilable.

Cette perte est d'autant plus importante en maraîchage, car ce sol possède un pool d'ions libres (M1+M2, estimé par E1) de

l'ordre de 4,3  $\mu\text{g}$  de P par g de sol, qui est donc supérieur à celui du sol prairial. De plus, ce sol étant moins fixateur, il réapprovisionne d'autant plus facilement ce compartiment d'ions libres.

Cependant, ce phénomène ne suffit pas à expliquer qu'en sol prairial, on observe au contraire que la quantité totale de phosphore extrait par les résines et rapportée à la distribution des fractions, reste supérieure à celle mesurée sur le sol entier.

Il faut rappeler qu'après l'agitation dans l'eau précédant les tamisages, le sol prairial n'était qu'incomplètement dispersé. Nous avons donc affiné la dispersion en soumettant les deux sols à un traitement aux ultrasons (annexe ).

Or cette sonication n'est pas réalisée lors de l'extraction du phosphore par les résines.

Il semble donc qu'une dispersion plus poussée des sols, en augmentant les sites d'échanges avec les résines, permet d'extraire une quantité plus importante de phosphore.

Ce résultat soulève un problème important car il montre que l'estimation de la quantité de phosphore assimilable est dépendante de l'état de dispersion du sol.

On peut ainsi supposer que l'offre potentielle du sol prairial est donc sous-estimée par rapport à celle déterminée en sol maraîcher.

En effet il est vraisemblable que la dispersion du sol étant incomplète, des ions normalement considérés comme assimilables par les résines ne puissent être échangés. La valeur de la quantité estimant l'offre du sol se trouve donc modifiée.

GACHON, 1988, observe par ailleurs que les modalités de broyage, et en particulier un broyage mécanique à 0,2 mm augmente les valeurs extraites par des résines anioniques.

Nous avons déjà évoqué les difficultés à caractériser le phosphore assimilable du sol par une quantité finie (cf A.1.1. et C.3. de la synthèse bibliographique).

En effet, de nombreux auteurs (FARDEAU, 1981; BARROW, 1983) pensent que le phosphore assimilable du sol n'est pas un ensemble fini et homogène d'ions phosphates doués de propriétés d'échanges mais est en réalité, une masse variable au cours du temps, composée d'ions de mobilités très différentes.

On comprend donc que les méthodes évaluant l'offre potentielle des sols par une quantité de phosphore exigent des conditions de mise en oeuvre bien définies.

Par exemple, il serait important de savoir s'il on doit respecter une certaine agrégation ou chercher à obtenir une dispersion maximale avant d'effectuer des mesures de phosphore assimilable.

En conclusion, il apparaît néanmoins que l'application d'un mode opératoire précis n'exclut pas l'intervention d'interactions et de phénomènes qui ne sont pas toujours connus ou maîtrisés.

GACHON, 1988, observe de tels phénomènes pour la mesure de la valeur E, qui est obtenue par extraction sur une résine anionique, et notamment dans de sols possédant un fort pouvoir fixateur.

2.LIMITES DE L'APPRECIATION DE LA BIODISPONIBILITE DU PHOSPHORE  
BASEE SUR LA DETERMINATION DE L'OFFRE POTENTIELLE DU SOL

Malgré les réserves émises en première partie, les méthodes que nous avons employées sont reconnues pour être les plus efficaces à estimer l'offre potentielle des sols intertropicaux, à savoir la méthode OLSEN, (WALMSLEY et al., 1973; VAN RAIJ, 1978; FARDEAU, 1988), la méthode OLSEN modifiée DABIN (ROCHE et al., 1980; CERVANTES, 1989), la mesure du pouvoir fixateur (FARDEAU, 1981), la mesure du phosphore soluble dans l'eau (CERVANTES, 1989), et la méthode d'extraction sur des résines anioniques (WALMSLEY et al., 1973; VAN RAIJ, 1978; ROCHE et al., 1980; CERVANTES, 1989).

Toutes concordent à établir que le sol maraîcher présente une aptitude supérieure à fournir du phosphore à la plante.

Si l'on considère les résultats résines, 6,5 % du phosphore total du sol est considéré comme assimilable en sol maraîcher, et seulement 2,7 % en sol prairial. Ces résultats, très faibles sont en accord avec ceux caractérisant généralement les sols vertiques intertropicaux (ROCHE et al., 1980; CERVANTES, 1989).

Il apparaît toutefois que les quantités de phosphore susceptibles d'être biodisponibles sont plus importantes en sol maraîcher

Cependant et malgré des corrélations hautement significatives observées entre les résultats obtenus par ces différentes méthodes et des réponses culturales, nous avons constaté que la culture d'une plante test en vases de végétation donnait de meilleurs résultats en sol prairial, tant sur l'exportation de phosphore que sur la production végétale, tout au moins lorsqu'il n'y avait pas eu incubation.

Ce résultat confirme la théorie développée par CALVET, 1988, qui estime que la caractérisation de l'offre potentielle d'un sol n'est pas une donnée suffisante pour apprécier la biodisponibilité d'une substance.

Ainsi savoir qu'une certaine quantité de phosphore se trouve à l'état biodisponible dans la phase fluide du sol ou qu'elle peut y passer par le jeu d'un ou plusieurs phénomènes est une information intéressante mais qui se révèle tout à fait insuffisante pour évaluer correctement la biodisponibilité du phosphore dans un système sol-plante déterminé.

Précisément, il semble que dans le cadre de notre expérimentation, la structure du sol maraîcher ait joué le rôle de facteur limitant principal au développement du Lolium pérenne.

Les vertisols comptent parmi les sols les plus fertiles des régions inter-tropicales, cependant leurs propriétés physiques sont parfois défavorables en raison de la quantité excessive d'argiles gonflantes ; la capacité au champ est certes élevée mais le point de flétrissement étant également très haut, la réserve d'eau utile reste limitée (tableau 9).

	Horizon	Teneur en eau	
		pF 2.5	pF 4.2
Prairie	0-10 cm	44,4	37,2
	10-20 cm	46,3	38,2
	20-40 cm	47,1	38,9
Maraîchage	0-10 cm	46,2	34,9
	10-20 cm	51,6	39,7
	20-40 cm	55,3	45,1

- tableau 9 -

En outre, les mouvements verticaux et la fissuration profonde du sol en période sèche ont des effets très défavorables : rupture des radicelles absorbantes, dessiccation profonde du profil, tassement et élévation de la densité apparente (DUCHAUFOR, 1983).

TESSIER et al., 1979, remarquent que dans un sol à forte proportion de smectites, l'alternance des cycles de dessiccation-humectation crée des microfissures, ou fentes planes, qui engendrent des zones de circulation préférentielle pour l'eau et les racines. Les contraintes mécaniques et hydriques auxquelles sont soumises les racines ainsi que ce type de porosité limite considérablement l'exploration du sol.

Ce résultat soulève la nécessité de définir la biodisponibilité du phosphore non seulement selon la quantité de phosphore libérée dans la solution du sol pendant un temps déterminé mais aussi par rapport à des facteurs se rapportant au végétal et dans une certaine mesure aux effets liés à la structure du sol.

CALVET, 1988, rend compte de la démarche implicite utilisée par certains agronomes pour évaluer la biodisponibilité par la formule suivante, où  $Q_t$  est la quantité totale absorbée par la plante, et  $Q_1$ , la quantité de phosphore libérée dans le sol pendant le temps de la culture :

$$Q_t = K(\text{structure}) * K(\text{végétal}) * Q_1$$

$K(\text{structure})$  et  $K(\text{végétal})$  sont des coefficients modulateurs constants liés respectivement à la structure du sol et au végétal cultivé.

Actuellement,  $Q_1$  est estimée grâce à la quantité de phosphore assimilable mesurée par une méthode d'analyse de sol.

La valeur  $Q_1$  caractérise donc l'offre potentielle du sol.

CALVET, 1988, conclue que les quantités ainsi déterminées ne peuvent constituer une évaluation des quantités biodisponibles potentielles, bien qu'elles leur soient reliées car référencées à des comportements de plein champ.

Il estime qu'une telle démarche ne peut être suffisante pour évaluer la biodisponibilité si elle ne fait pas intervenir la plante concernée pour caractériser une quantité biodisponible potentielle ainsi que les facteurs liés à l'environnement pour transformer cette valeur en quantité biodisponible réelle.

## CONCLUSION

Cette étude montre la nécessité de la double approche expérimentale proposée par CALVET, 1988, pour apprécier pleinement la biodisponibilité du phosphore du sol.

L'unique prise en compte de l'offre potentielle du sol ne permet pas de conclure sur les effets des systèmes de culture dans la dynamique du phosphore.

De plus, il est apparu que l'état de dispersion des sols lors de la mise en oeuvre de méthodes estimant les quantités de phosphore susceptibles d'être biodisponibles, et plus généralement des problèmes non contrôlés par un mode opératoire pourtant précis, influençaient cette estimation.

La prévision de quantités biodisponibles réelles doit donc obligatoirement utiliser la plante concernée afin d'intégrer les facteurs qui lui sont directement dépendants et ceux liés à l'environnement.

En conclusion, il apparaît que la pratique intensive du système de culture maraîcher, en abaissant le niveau des stocks de matière organique et de phosphore total, génère des problèmes inhérents à la structure du sol et à sa stabilité, qui deviennent alors les principaux freins à la production végétale.

## BIBLIOGRAPHIE

AMER F., BOULDIN D., BLACK C.A., DUKE F.R., 1955. Characterization of soil phosphorus by anion exchange resin adsorption and P-equilibration Plant and Soil, 6, 391-408.

BARBIER G. et HUSSON C., 1952. Sur l'emploi de l'isotope radioactif  $^{32}\text{P}$  dans l'étude de l'alimentation phosphatée des végétaux. C.R. Acad. Sci. Paris, 234, 1, 126-128

BARROW N.J., 1983. On the reversibility of phosphate sorption by soils. J. of soil Sci (34), 751-758

BARROW N.J., 1983. Understanding Phosphate Reaction with Soil. IMPHOS, 3rd International Congress on Phosphorus Compounds, Brussels.

BARROW N.J., 1984. Modelling the effects of pH on phosphate sorption by soil. J. of Soil Sci.

BLANCHET R., 1960. Adsorption et dilution des ions orthophosphoriques au contact des hydroxydes métalliques et des argiles. Ann. Agro.(1) 55-74.

BLANCHET R, BOSCH M., MAERTENS C. ET PUESH J., 1974. Influence de différents régimes hydriques sur l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par les cultures. II. Influence de l'humidité du sol et des flux hydriques sur l'absorption des éléments minéraux par les racines. Ann Agro.(25), 681-696.

BONIFACE R., FARDEAU J.C., GUIRAUD G., TROCMES, 1979. Utilisation du phosphore et de l'azote appliquée en couverture sur blé. Etude à l'aide d'éléments marqués. AGROCHIMICA 34 (23), 165-178.

BONIFACE R, FARDEAU J.C., MOREL C, 1988. Pourquoi choisir la méthode OLSEN pour estimer le phosphore assimilable des sols?, Agronomie, (7), 13-20.

BOYER J., 1982. Les sols ferrallitiques tome X. Facteurs de fertilité et utilisation des sols. O.R.S.T.O.M., 180-192.

BROSSARD M. et LAURENT J.Y., 1988. Matière organique et formes organiques et minérales de stockage du phosphore dans un vertisol. Communication aux Journées Pédologiques de l'ORSTOM.

CALLOT G., CHAMAYOU H., MAERTENS C., SALSAC L., 1982. Les interactions sol-racine. INRA

CALVET R., 1988. Analyse du concept de biodisponibilité d'une substance dans le sol. Bull. Assoc. Fr. Etude Sol, 1988, Vol. 26, 183 p.

CHEVIGNARD T., 1985. Etude de la formation actuelle d'horizons humifères en milieu tropical. Cas des sols de culture "remodelés" de la Martinique. Thèse Un. Nancy I, 83 p.

CONESA A.P., FARDEAU J.C., et SIMON SYLVESTRE G, 1979. Le phosphore et le soufre. In DUCHAUFOUR P. et SOUCHIER B, Pédologie, tome 2, 395-407.



- DUCHAUFOR P., 1983. 1. Pédogénèse et classification, MASSON, PARIS.
- EARL K.D., SYRRS J.K. et MAC LAUGHLIN J.R., 1979. Origin of the effects of citrate, tartrate, and acetate on phosphate sorption by soils and synthetic gels. *Soil Sci. Soc. am.J.* (43), 674-678.
- FARDEAU J.C., 1981. Cinétique de dilution isotopique et phosphore assimilable des sols. Thèse de Doctorat d'Etat, PARIS 6, 198 p.
- FARDEAU J.C. et JAPPE J., 1982. Intérêt des cinétiques d'échanges isotopiques pour la caractérisation du phosphore assimilable des sols. *Bull. Assoc. Fr. Et. Sol*, (2), 113-124.
- FARDEAU J.C. et MOREL C., 1987. Le phosphore assimilable des sols tropicaux : ses relations avec le phosphore extrait par deux méthodes chimiques. *Agro. trop.*, 42-4, p.248.
- FARES F., 1976. Contribution à l'étude du phosphore associé à la matière organique des sols. Thèse de Doctorat d'Etat, INPL, 219p.
- FRANCOIS C., 1988. Devenir à court terme de N-urée, N-végétal et N-sol dans un ferrisol. Thèse Université Nancy I, 125 p.
- FROSSARD E., 1985. Etude expérimentale de l'influence de composés organiques sur l'évolution des ions phosphates en sols ferrallitiques. Thèse de Doctorat de l'INPL NANCY, 109 p.
- FROSSARD E., TRUONG B., et, JACQUIN F, 1986. Influence de l'apport de composés organiques sur l'adsorption et la désorption des ions phosphates en sols ferrallitique. *Agro.*, (6), 503-508.
- GACHON L et TRIBOI E, 1988. Etudes des méthodes d'appréciation de l'offre phosphatée du sol. I. Détermination du phosphate isotopiquement échangeable ou valeur E. II. Détermination du phosphore labile du sol ou valeur L. INRA, Phosphore et potassium dans les relations sol-plante.
- HENIN S., GRAS R., MONNIER G., 1969. Le profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques, 1 vol. MASSON PARIS
- JUSTE C., 1988. Appréciation de la mobilité et de la biodisponibilité des éléments en traces du sol. *Bull. Assoc. Fr. Etude Sol*, 1988, Vol. 26, 103 p.
- LOPEZ HERNANDEZ D., FLORES D., SIEGERT G., et RODRIGUEZ J.V. 1979- The effect of some organic anions on phosphate removal from acid and calcareous soils. *Soil Sci.*, 321-325.
- Mc GILL W.B., 1979. A concept regarding comparative C, N, S and P cycling through soil organic matter. 71st Annual Meeting American Society Agriculture of Fort Collins, *Agronomy Abstract*, p.165.
- Mc GILL W.B. et PAUL E.A., 1976. Fractionation of soil and <sup>15</sup>N nitrogen to separate the organic and clay interactions of immobilized. *N. Can J. Soil Sci*, 56, 203-212.

- Mc LAUGHLIN M.J., 1986. Phosphorus cycling in soil under wheat-pasture rotations  
Thesis of The University of Adelaïde, 217 p.
- MOUGUIAMA M., 1985. Influence des ions phosphates sur la dynamique de la matière organique dans les sols ferrallitiques .These de Doc. Ing, INPL, Nancy.
- MUNEVAR F. et WOLLUM A.G., 1977. Effects of the addition of phosphorus and inorganic nitrogen on C. et N. minéralization in Andepts from Colombia. Soil Sci. Soc. Am J.(41), 540-540.
- OLSEN et SOMMERS, 1982. Phosphorus. In : Méthods of soils analysis. Al page editor, 403-427.
- PENA CERVANTES E., 1989. Etude de l'assimilabilité des ions PO en sols vertiques et ferrugineux après apports de phosphate diammonique et de paille de riz. Thèse de Doctorat de l'INPL NANCY, 134 p.
- PLENCHETTE C., 1989. Utilisation de l'offre potentielle du sol en phosphore par les plantes. Documents de cours. DIJON.
- PROJET CEE-ORSTOM, 1988. Fertilité des sols dans les agricultures paysannes caribeennes. Effet des restitutions organiques.
- ROCHE P, GRIERE L., BABRE D. , CALBA H., et FALLAVIER P, 1980. Le phosphore dans les sols intertropicaux : appréciation des niveaux de carence et des besoins en phosphore, IMPHOS, Publi. Sci.n° 2, 48 p.
- ROCHE P., 1983. Les méthodes d'appréciation du statut phosphorique des sols. Actes du 3ième Congrès International sur les composésphosphatés.
- STEWART J.W.B. et Mc KERCHER R.B., 1983. Phosphorus cycle. In CERVANTES, 1989.
- STEWART J.W.B. et TIESSEN H., 1987. Dynamic of soil phosphorus . Biogéochimistry 4:41-60.
- SUTTON CD. et LARSEN S., 1964. Pyrophosphate as a source of phosphorus for plants. Soil Sci., (97), 196-201.
- TESSIER D., BERRIER J., 1979. Utilisation de la microscopie électronique à balayage dans l'étude des sols. Observation de sols bruns à différents pF. Sci. Sol, 1, 67-82.
- VAN RAIJ B., 1978. Selecão de metodos de laboratorio para avaliar a disponibilidade de fosforo en solos. R. Bras. Ci. Solo, 2, 1 : 1-9.
- WALMSLEY D., CORNFORTH I.S., 1973. Methods of measuring available nutrients in West Indian soils. II. Phosphorus. Plant and Soil, 39 : 93-101.
- WEY R., 1956. Etude de la rétention des anions phophoriques par les argiles. Ann. Agro.(1), 1-62.

WHITE R.E et BECKETT P.H.T., 1964. Studies on the phosphate potentials of soils. Plant and Soil (xx), 1-16.

YUAN T.L., 1980. Adsorption of phosphate and water extractable soil organic material by synthetic aluminium silicates and acids soils .In FROSSARD, 1985.

## ANNEXE 1 : DESCRIPTION DU PROFIL EN SOL MARAICHER

La fosse, située en bas de la parcelle, est ouverte depuis deux jours lors de la description. Le temps est sec, ensoleillé.

### Surface

La parcelle est en jachère non entretenue depuis 4 mois. On note la présence de débris de tiges de maïs non décomposés.

Dans le haut de la parcelle, apparaissent de légères fentes, de largeur centimétrique.

### 0-35 cm

Couleur: 7.5 YR 4/4  
Texture argileuse, très plastique.  
Structure fragmentaire, prismatique (30cm), dessinant des fentes de retrait, à sous structure polyédrique grossière (5cm).  
Densité racinaire > 50 par dm<sup>2</sup>.  
Concrétions diffuses centimétriques.  
Activité biologique moyenne à bonne (fourmis, larves,...).  
Transition nette et ondulée en coupe. Dans l'espace, elle suit des plans obliques.

### 35-55 cm

Frais à humide.  
Couleur: 7.5 YR 5/8.  
Texture argileuse, plastique à collante.  
Structure polyédrique bien développée.  
Surstructure prismatique anguleuse. Quelques plans de pressions  
Densité racinaire faible (< 20 par dm<sup>2</sup> ).  
Activité biologique réduite .  
Bande diffuse de concrétion ferromagnésienne

### 55-75cm

Couleur: 2.5 YR 7/8  
Texture argilo-sableuse.  
Structure particulaire.  
Horizon de transition irrégulier.

### >75 cm

Couleur: 10 YR 7/8  
On distingue des minéraux primaires dans des blocs lorsqu'il y a cohésion.  
Nous sommes en présence du tuff altéré pulvérulent.

## ANNEXE 2 : DESCRIPTION DU PROFIL EN SOL PRAIRIAL

### Surface

La prairie (*Digitaria decumbens*), est irriguée et utilisée en pâture ovine. On n'observe pas de fentes visibles, mais on constate la présence d'un micro relief irrégulier (3 à 4 cm) liée aux effets de la culture.

On note la présence de fèces ovins ainsi que de nombreux insectes.

### 0-15 cm

Frais au toucher.

Couleur: 7.5 YR 3/2 ,soit brun foncé.

Texture argileuse.

Texture polyédrique moyenne (5cm) très bien développée.

Racines nombreuses, densité > 100 au dm<sup>2</sup> qui pénètrent les polyèdres (stolons jusqu'à 3 cm, puis racines millimétriques).

Concrétions rares.

Activité biologique importante (nombreux vers ).

Transition diffuse avec,

### 15-55 cm

Couleur: 10 YR 4/3, soit brun à brun foncé.

Texture argileuse.

Structure polyédrique grossière bien développée.

Densité racinaire moyenne de 30 à 50 au dm<sup>2</sup>.

Taches verdâtres d'hydromorphie temporaire.

Concrétions diffuses dans le profil (5 mm).

Quelques cailloux non altérés (cm).

Activité biologique importante.

### 55-90 cm

Couleur: 10 YR 5/4, soit brun jaunâtre.

Texture argileuse.

Structure polyédrique moyenne avec des ébauches de surstructure prismatique.

Racines peu nombreuses < 5 au dm<sup>2</sup>.

### >90 cm

Couleur 5 Y 4/4.

Texture sableuse.

Structure particulaire.

Présence de fantômes de minéraux primaires blanchis.

C'est le tuff altéré.

Remarque : Dix jours après ouverture du profil, on n'observe toujours pas de fentes de retrait.

ANNEXE 3 : CARACTERISTIQUES DES PROFILS ETUDIES

Profondeur de prélèvement en cm	Résines	OLSEN	OLSEN DABIN	P-total
0-10 moyen	14	10,5	21,1	524
0-10	17,4	15,8	28,9	526
10-20	11,1	10,5	19,5	376
20-40	6,1	4	7,1	182
40-50	4	3,1	4,2	108
50-70	3,1	1,9	3,2	60
70-90	3,9	1,7	2,4	36
0-10 moyen	17,5	13,6	34	276
0-20	20,7	19,3	42,2	296
20-40	18,1	14,5	30,7	289
40-55	6,7	2,3	2,7	58
55-75	4,8	1,4	2,2	20
>75	3,5	2,2	1,9	11

Les quantités extraites par chacune des méthodes sont exprimées en  $\mu\text{g}$  de P par g de sol.

Les méthodes OLSEN et OLSEN modifiée DABIN sont mise en oeuvre selon OLSEN et SOMMERS, 1982.

Les mesures de P-total sont réalisées par le M.O.S.T (Martinique) par attaque nitrique

#### ANNEXE 4 : PROTOCOLE DE FRACTIONNEMENT GRANULOMETRIQUE

Une quantité déterminée de sol frais d'environ 50 g, et dont on mesure la teneur en eau, est agitée 17 heures avec de l'eau déminéralisée (rapport sol-solution de 1/10).

L'ensemble est traité une minute aux ultrasons (sous agitation) à l'aide d'un " sonotrode T 20 " (BIOBLOCK SCIENTIFIC) puis tamisé à 200 et 20  $\mu\text{m}$ .

Les tamis sont mouillés avant l'opération. Les fractions de même taille retenues sur les tamis ne sont rassemblées qu'une fois parfaitement lavées (un jet de pissette ne doit plus entraîner aucune particule à travers les mailles du tamis).

La solution non retenue est stockée dans des cuvettes avant le tamisage suivant ou l'introduction en allonge.

Afin de diminuer le volume de solution à tamiser, on opère une première sédimentation avant le tamisage à 20  $\mu\text{m}$ .

Les fractions 0-2 et 2-20 sont ensuite séparées complètement par sédimentations successives jusqu'à épuisement.

La fraction 0-2  $\mu\text{m}$  est flocculée à l'aide de quelques gouttes d'une solution saturée de  $\text{ZnCl}_2$ , qui a l'avantage de ne pas extraire le phosphore et de ne pas interférer avec la méthode de dosage par colorimétrie des ions phosphates.

Toutes les fractions sont transférées avec un peu d'eau dans des bêchers et séchées à 60 °C.

RESUME : Pour comparer les effets de systèmes de culture intensifs de type prairial et maraîcher sur la dynamique du phosphore dans un vertisol, nous nous inspirons de la démarche expérimentale proposée par CALVET, 1988, afin d'estimer la biodisponibilité du phosphore.

Le statut phosphorique des sols est analysé par des méthodes d'extraction (réactifs chimiques et résines anioniques) et de cinétiques de dilution isotopique.

La culture d'une plante test (*Lolium Perenne*) dans des sols marqués à l'aide d'un apport d'engrais radioactif ( $^{32}\text{P}$ ), nous permet de mesurer les quantités biodisponibles réelles exportées, ainsi que d'apprécier l'évolution des quantités de phosphore déterminées comme assimilables.

Un fractionnement granulométrique nous a permis d'approcher le rôle des fractions.

Les résultats du test en vases de végétation, différents de ceux prévus d'après l'estimation de l'offre potentielle des sols, montrent que des problèmes de dispersion pouvaient fausser cette estimation et que l'évaluation correcte de la biodisponibilité devait intégrer des données concernant la plante et des facteurs liés à l'environnement tels que la structure du sol.

MOTS CLEFS ADDITIONNELS : Biodisponibilité - Phosphore assimilable- Phosphore  $^{32}$  -Vertisol- Fractionnement granulométrique - Résines anioniques .

ABSTRACT : In order to compare the bioavailability of phosphorus in two different intensive farming systems (market gardening and grassland) we adapted an conceptual model of CALVET, 1988.

Chemical reagents and anionic resins as well as isotopic dilution technics were used to investigate the phosphoric status of soils.

A test plant (*Lolium perenne*), grown in soils to which were added labelled fertilizers, were used to estimate bioavailable phosphorus and its evolution.

The result obtained for the pot plants were different to those expected after the estimated potential of the soils.

We discovered that the phenomenon of dispersion could interfere with this estimation

A correct evaluation of the bioavaibility should therefore take into account factors of the plant and environmental considerations such as the soil structure

ADDITIONAL KEY WORDS :  $^{32}\text{P}$  - Bioavaibility - Vertisol -