

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 640 998

(21) N° d'enregistrement national :

88 17008

(51) Int Cl^E : C 12 Q 1/42.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 22 décembre 1988.

(71) Demandeur(s) : BOURGUIGNON Claude. — FR.

(30) Priorité :

(72) Inventeur(s) : Claude Bourguignon.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 26 du 29 juin 1990.

(73) Titulaire(s) :

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

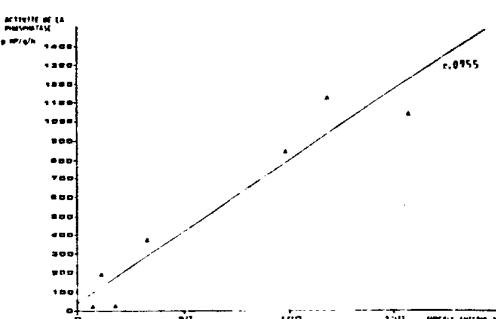
(74) Mandataire(s) : Cabinet Michel Bruder, Conseil en Brevets.

(54) Procédé de détermination de l'activité biologique d'un sol.

(57) Le procédé consiste :

— à établir une corrélation entre, d'une part, la teneur en phosphatase alcaline d'une série de sols de référence dont l'activité biologique est jugée satisfaisante et, d'autre part, une autre caractéristique physique et/ou chimique de cette série de sols de référence, par exemple la surface interne de ces sols.

— à mesurer la teneur en phosphatase alcaline et ladite autre caractéristique du sol objet de la détermination, et
— à comparer les résultats desdites mesures à la corrélation établie à partir des sols de référence.



A1

R 2 640 998

-1-

La présente invention concerne, d'une manière générale, un procédé de détermination de l'activité biologique d'un sol.

A l'heure actuelle, lorsque l'on désire estimer 5 l'activité biologique d'un sol, on doit mettre en oeuvre des méthodes longues et complexes, telles que les méthodes biocidales (Jenkinsson et Ladd, 1981) ou les méthodes de mesure du dégagement de gaz carbonique ou de la teneur en adénosine tri-phosphate (Maire, 1987). Il s'ensuit que l'on 10 se heurte à un coût d'analyse trop élevé ou à un durée excessive des opérations pour pouvoir appliquer ces méthodes à des déterminations de routine.

Or, il serait souhaitable de pouvoir disposer d'un procédé qui permette de mesurer l'activité biologique ou 15 microbienne d'un sol, qui soit suffisamment simple, rapide et économique pour que les agriculteurs puissent y avoir recours à titre ordinaire.

Ce but est atteint selon l'invention en ce sens qu'elle propose un procédé qui consiste :

20 - à établir une corrélation entre, d'une part, la teneur en phosphatase alcaline d'une série de sols de référence dont l'activité biologique est jugée satisfaisante et, d'autre part, une autre caractéristique physique et/ou chimique de cette série de sols de référence,

25 - à mesurer la teneur en phosphatase alcaline et ladite autre caractéristique du sol objet de la détermination, et

- à comparer les résultats desdites mesures à la corrélation établie à partir des sols de référence.

La teneur en phosphatase alcaline peut être déterminée 30 indirectement par la mesure de son activité enzymatique, laquelle peut être mise en évidence, par exemple, par la dégradation du phosphate de p-nitrophényle en p-nitrophénol.

Le choix s'est porté sur la phosphatase alcaline plutôt que sur une autre enzyme car cette enzyme répond à quatre 35 critères importants :

-2-

- elle intervient dans une voie métabolique fondamentale (cycle de l'ATP) et, donc, elle existe chez tous les microorganismes ;

- elle n'existe pas dans les racines des plantes,
- 5 - son activité ne dépend pas de la teneur en phosphore des sols (la phosphatase acide est, elle, inhibée par les fortes teneurs en phosphore), et
- sa technique de dosage est simple et peu coûteuse.

Par suite, le dosage de l'activité de cette enzyme dans 10 un échantillon de sol reflète bien, et de manière économique, l'activité biologique microbienne du sol en question.

Il est toutefois nécessaire de corrélérer cette mesure avec une autre caractéristique du sol.

15 Dans un premier mode de mise en œuvre de l'invention, cette autre caractéristique est la surface interne du sol, c'est-à-dire la surface déployée par un quantité donnée de sol étalée en couche élémentaire.

Dans un second mode de mise en œuvre de l'invention, 20 la caractéristique avec laquelle est corrélée la mesure de la phosphatase alcaline est la teneur en carbone organique du sol.

Dans un troisième mode de mise en œuvre de l'invention, la caractéristique avec laquelle est corrélée 25 la mesure de la phosphatase alcaline est la capacité d'échange cationique du sol.

Les mesures faites sur les sols de référence permettent de tirer de la représentation graphique de leur corrélation une droite de régression et l'ensemble axes/droite de 30 régression forme un abaque que l'on utilise ensuite pour estimer l'activité biologique du sol soumis à la détermination.

Plus précisément, on a déterminé expérimentalement, dans le cadre du premier mode de mise en œuvre évoqué plus haut, que la droite de régression obtenue à partir des

-3-

couples de mesures

5 . activité enzymatique de la phosphatase alcaline exprimée en µg de p-nitrophénol produit à partir de phosphate de p-nitrophényle /g de sol sec/heure, portée en ordonnée,

10 . surface interne du sol exprimée en m^2/g de sol, portée en abscisse,

15 fait apparaître un facteur de régression r de l'ordre de 0,95.

20 Dans le cadre du second mode de mise en oeuvre de l'invention, la droite de régression obtenue à partir des couples de mesures

25 . activité enzymatique de la phosphatase alcaline exprimée en µg de p-nitrophénol produit à partir de phosphate de p-nitrophényle /g de sol sec/heure, portée en ordonnée,

30 . teneur en carbone organique du sol exprimé en %, portée en abscisse,

35 fait apparaître un facteur de régression r de l'ordre de 0,75.

Dans le cadre du troisième mode de mise en oeuvre de l'invention, la droite de régression obtenue à partir des couples de mesures

25 . activité enzymatique de la phosphatase alcaline exprimée en µg de p-nitrophénol produit à partir de phosphate de p-nitrophényle /g de sol sec/heure, portée en ordonnée,

30 . capacité d'échange cationique du sol exprimée en milliéquivalents/g de sol sec portée en abscisse,

35 fait apparaître un facteur de régression r de l'ordre de 0,65.

Quel que soit le mode de mise en oeuvre choisi, on compare les valeurs de l'activité enzymatique de la phosphatase alcaline données, d'une part, par la courbe de régression et, d'autre part, par la mesure effectuée sur le

- 4 -

sel soumis à la détermination, pour la même valeur de l'autre caractéristique - surface interne du sol, teneur en carbone organique du sol ou capacité d'échange cationique du sol - et l'on interprète le résultat à partir des hyperboles 5 de confiance comme suit :

- valeur dans les hyperboles à 95 % : bon
 - valeur dans les hyperboles à 90 % : insuffisant ou fort
 - valeur hors des hyperboles à 90% : mauvais ou excessif
- 10 Il a été vérifié sur plus de deux cents sols agricoles des zones tempérées et tropicales que le procédé selon l'invention donne des résultats parfaitement corrélés avec ceux des méthodes complexes évoquées plus haut.

15 Le protocole opératoire des trois variantes du procédé selon l'invention est décrit ci-après, étant toutefois entendu que les techniques de dosage sont en elles-mêmes connues et que l'invention réside dans la corrélation des mesures.

20 Pour les sols de référence, dans ces exemples, on a utilisé des prélèvements sur des parcelles d'essais de longue durée (Déhérain, Versailles, Dijon, ITCF) dont on connaît bien les fonctionnements et les rendements des cultures.

EXEMPLE 1

25 Corrélation entre la mesure de l'activité enzymatique de la phosphatase alcaline et celle la surface interne du sol.

1) Mesure de l'activité enzymatique de la phosphatase acide

30 On utilise la méthode de TABATABAI et BRENNER, 1982, In. Methods of Soil Analysis, Part 2 by A.L. PAGE et al. American Society of Agronomy, modifiée par Claude BOURGUIGNON, 1987.

35 Le sol est tamisé à 2mm. Une partie est exposée pendant 3 jours à l'air libre et une autre partie est utilisée

-5-

immédiatement. Dans les deux cas (sol frais et sol séché à l'air), le protocole est le même :

a -Mesure de l'humidité

On pèse un échantillon de 50 g de sol séché à l'air ou 5 frais, on le met à sécher pendant 24 heures dans une étuve à 105°C et on le pèse de nouveau après refroidissement dans un dessicateur. La différence donne la teneur en humidité exprimée en grammes, teneur dont il faudra tenir compte pour l'expression des résultats (point c4. ci-dessous).

10 b -Incubation enzymatique

On introduit une prise d'essai de 1 g de sol (frais ou séché à l'air) dans une fiole Erlenmeyer de 50 ml et on ajoute 0,2 ml de toluène, 4 ml d'une solution tampon à pH 10,8 (Diluer dans 800 ml d'eau, 200 ml d'une solution 15 mère contenant 12,1 g de tampon Tris (hydroxyméthylaminométhane), 11,6 g d'acide malique, 14 g d'acide citrique et 6,3 g d'acide borique dans 488 ml de NaOH, 1M. Diluer avec H₂O et ramener à 1 litre) et 1 ml d'une solution de phosphate de p-nitrophényle. On agite, on 20 bouche la fiole et on incube dans un agitateur fonctionnant à 50 révolutions/mm (50 rpm) à 37°C pendant 1 heure. Sous l'action de la phosphatase acide contenue dans la prise d'essai, une quantité plus ou moins grande de phosphate de p-nitrophényle est convertie en p-nitrophénol.

25 c -mesure spectrophotométrique

Elle consiste à mesurer la quantité de p-nitrophénol produite, laquelle est fonction de l'activité de la phosphatase alcaline.

c1. Témoin :

30 On met 1g de sol à incuber comme précédemment, mais sans adjonction de phosphate de p-nitrophényle. Après incubation, on ajoute 1 ml d'une solution aqueuse de CaCl₂.H₂O, à la concentration de 73,5g/litre et 4 ml d'une solution aqueuse de NaOH 0,5 Molaire. On agite, puis on 35 filtre sur papier Whatman n° 40 et lit au spectrophotomètre

-6-

sous 410 μ m.

c2. Courbe d'étalonnage (solution standard colorée) :

On dilue 1 ml d'une solution standard de p-nitrophénol (1g/l) dans 100 ml d'eau et l'on distribue la dilution 5 résultante dans des fioles Erlenmeyer, à raison respectivement de 0, 1, 2, 3, 4 et 5 ml. On ajuste à 5 ml avec de l'eau, ce qui donne une gamme de concentrations allant de 0 à 50 μ g de p-nitrophénol. On mesure l'absorption de cette gamme à 410 μ m et on trace la courbe correspondante.

10 c3. prise d'essai

A l'issue de la période d'incubation enzymatique, on ajoute, comme pour le témoin, 1 ml d'une solution aqueuse de $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, à la concentration de 73,5g/litre et 4 ml d'une solution aqueuse de NaOH 0,5 Molaire. On agite, puis on 15 filtre sur papier Whatman n° 40. Le spectrophomètre étant calé en fonction de l'erreur introduite par le témoin, on mesure l'absorption à 410 μ m.

c4. expression des résultats

20 A partir de cette absorption et de la courbe d'étalonnage obtenue sous c2, on détermine la concentration en p-nitrophénol de la prise d'essai et donc, indirectement, l'activité enzymatique de la phosphatase alcaline.

Cette activité est exprimée en μ g de p-nitrophénol produit en une heure par 1g de sol sec, c'est-à-dire en 25 tenant compte de la mesure de l'humidité effectuée sous à ci-dessus.

2 - Mesure de la surface interne du scl

La mesure utilisée est celle de la technique dite "au bleu de méthylène" du Laboratoire Central des Ponts et 30 Chaussées. Le dosage consiste à faire des ajouts de bleu de méthylène (10 g/l) dans une suspension contenant la prise d'essai jusqu'au recouvrement des particules du sol par une couche monomoléculaire de ce colorant.

a - Préparation de l'échantillon de scl

35 Un prélèvement de sol est tamisé à 2mm et une prise

- 7 -

5 l'essai de 1 g est prélevée et mise dans 100 ml d'eau permutée. On y ajoute 10 ml d'une solution aqueuse d'hexamétaphosphate de sodium à 100 g/l. On met ensuite au mixeur pendant 30 secondes.

5 b - Fixation du bleu de méthylène

On fait des ajouts de 2 ml de solution de bleu de méthylène (10g/l) jusqu'à ce qu'une goutte du mélange suspension de sol/bleu de méthylène, déposée sur du papier filtre, laisse apparaître une auréole bleu clair autour de la tache résultante.

10 c - Expression des résultats

La surface interne est exprimée en m^2/g de sol de la façon suivante :

$$\text{Surface interne} = (x.s)(1/y)$$

15 formule dans laquelle :

x = volume en ml de solution de bleu de méthylène nécessaire pour recouvrir 1g de sol

s = surface en m^2 déployée par 1g de bleu de méthylène, en l'occurrence $19,85\ m^2$

20 y = pourcentage pondéral d'argile dans le sol.

3 - Corrélation

Une série de mesures a été faite sur des échantillons de sols de référence considérés comme satisfaisants sur le plan de leur activité biologique.

25 Les résultats sont exprimés graphiquement à la figure 1 du dessin annexé.

À partir de ces résultats, on a pu établir une droite de régression dont le coefficient de régression r est de 0,955. On obtient ainsi un abaque de corrélation.

30 4 - Exploitation

En procédant aux mêmes mesures de l'activité enzymatique de la phosphatase alcaline et de la surface interne sur un échantillon de sol dont on veut déterminer l'activité biologique et en comparant les résultats obtenus avec l'abaque issue de l'étape 3, on peut juger de cette

-8-

activité biologique.

EXEMPLE 2

Corrélation entre la mesure de l'activité enzymatique de la phosphatase alcaline et celle de la teneur en carbone organique.

5 1) Mesure de l'activité enzymatique de la phosphatase acide

On procède comme à l'exemple 1 et le résultat obtenu est exprimé de la même façon.

10 2) Mesure de la teneur en carbone organique

La méthode utilisée est celle de ANNE, P. 1945; Ann. Agron. 15:161-172, modifiée par la norme AFNOR d'analyse des sols. Elle consiste à oxyder le carbone organique par une solution sulfo-chromique à l'ébullition et à doser les ions Cr⁺⁺⁺ par spectrocolorimétrie à 525 μm.

15 a - Mode opératoire

On opère sur une prise d'essai de sol pesant de 200 mg à 5 g selon que le sol est supposé contenir de 20 à 1 % de carbone. On introduit cette prise d'essai dans un ballon à col rodé, on ajoute 50 ml de mélange sulfoc-chromique (30 g de CrO₃ dissous dans 540 ml d'eau distillée + 500 ml d'acide sulfurique concentré) et 15 ml d'acide sulfurique concentré. Après avoir adapté au col rodé du ballon un réfrigérant à reflux, on porte le contenu du ballon à l'ébullition pendant 5 mn. On laisse refroidir pendant 30 mn, puis on transvase quantitativement dans une fiole jaugée de 200 ml. On laisse reposer une heure. après quoi on décante le liquide clair de la fiole. Après un nouveau repos, de 12 heures cette fois, on décante dans un pilulier à bouchon hermétique.

20 b - Mesure spectrocolorimétrique

25 b1. Gamme étalon

On prépare, à partir d'une solution mère de glucose à 10 g/l (donc à 4 g de carbone par litre), une gamme de dilutions titrant respectivement 0, 10, 20, 60, 100, 200, 300, 400, 500 et 600 μg de carbone/ml. On mesure

-9-

l'absorption de cette gamme sous 625 μm et on trace la courbe d'étalonnage correspondante.

b2. Mesure

L'appareil étant calé pour tenir compte de l'absorption
 5 d'un témoin préparé selon le principe classique rappelé sous l'exemple 1, on mesure l'absorption de la prise d'essai préparée comme indiqué sous a (suspension de liquide d'incubation), et l'on s'en rapporte à la courbe d'étalonnage pour en tirer la concentration en carbone
 10 exprimée en ug de carbone par cm^3 de suspension (valeur qui peut directement être rapportée au poids de sol sec).

c - Expression des résultats

La teneur en carbone organique est exprimée comme suit :

$$15 \quad \text{Teneur en carbone (\%)} = (z)(1/50p)(100)(1/100-h)$$

formule dans laquelle :

z = concentration en carbone en ug/g

p = poids de la prise d'essai (en g)

20 h = humidité de la terre (en g) mesurée comme à l'exemple 1.

3 - Corrélation

Une série de mesures a été faite sur des échantillons
 25 de sols de référence considérés comme satisfaisants sur le plan de leur activité biologique.

Les résultats sont exprimés graphiquement à la figure 2 du dessin annexé.

À partir de ces résultats, on a pu établir une droite de régression dont le coefficient de régression r est de 0,7502. On obtient ainsi un abaque de corrélation.

4 - Exploitation

En procédant aux mêmes mesures de l'activité enzymatique de la phosphatase alcaline et de la teneur en carbone organique sur un échantillon de sol dont on veut

-10-

déterminer l'activité biologique et en comparant les résultats obtenus avec l'abaque issu de l'étape 3, on peut juger de cette acticité biologique.

EXAMPLE 3

5 Corrélation entre la mesure de l'activité enzymatique de la phosphatase alcaline et celle de la capacité d'échange cationique.

1) Mesure de l'activité enzymatique de la phosphatase acide

10 On procède comme à l'exemple 1 et le résultat obtenu est exprimé de la même façon.

2) Mesure de la capacité d'échange cationique

On utilise la méthode de RHOADES, J.D. 1982. In : Methods of soil analysis, Part 2 by PAGE, A.L. ; MILLER, R.H. and KEENEY, D.R. American Society of Agronomy, Madison, U.S.A.

Cette méthode distingue les sols contenant des carbonates et les sols acides.

2a- Sols contenant des carbonates

20 2a1 -Mode opératoire

On pèse 4 à 5 g de sol sec que l'on met dans un tube à centrifuger. On ajoute 33 ml d'une solution saturante de NaOAc, 0,4N et de NaCl 0,1N avec 60 % d'éthanol et ajustée à pH 8,2 avec une solution de NaOH 6N. On agite pendant 5 mn et on centrifuge à 1000 tours/mn pendant 5 mn. On élimine le surnageant et on répète d'opération quatre fois. On ajoute ensuite 33 ml d'une solution de MgNO₃ à 0,5 N, on agite pendant 5mn et on centrifuge jusqu'à éclaircissement du surnageant que l'on verse dans une fiole de 100 ml. On répète l'opération deux fois et on ramène à 100 ml exactement.

On dose, dans des aliquots du contenu de la fiole, le sodium et le chlore présents dans la solution par rapport à des solutions standard (Méthode de RHOADES, section 10-3.4 du même ouvrage).

-11-

2a2 - Expression des résultats

La capacité d'échange cationique (C.E.C.), en milliéquivalents pour 100 g de sol sec, est exprimée comme suit :

5

$$C.E.C. = (100/p \text{ sol}) [(cNa)(100/v al) - (cCl)(100/v al)(cNaCl)]$$

dans laquelle :

- 10 - p sol est le poids en grammes de l'échantillon de sol
- cNa est la concentration en Na, exprimée en milliéquivalents par litre, de la solution saturante
- 15 - v al est le volume de l'aliquot en ml
- cCl est la concentration en Cl, exprimée en milliéquivalents par litre, de la solution saturante
- cNaCl est la concentration en NaCl, exprimée en milliéquivalents par litre, de la solution saturante
- 20

2b- Sols acides

2b1 -Mode opératoire

On pèse 2 g de sol sec que l'on place dans un tube à centrifugation. On ajoute 20 ml d'une solution de BaCl₂ 0,1M. On agite pendant 2 heures et on centrifuge. On jette le surnageant et on répète l'opération deux fois avec 20 ml de BaCl₂ 0,002M. On ajoute 10 ml d'une solution de MgSO₄ 0,0005M et on agite pendant 1 heure. On ajuste la capacité d'échange à celle d'une solution de référence de MgSO₄ 0,0015M par ajouts successifs d'une solution de MgSO₄ 0,005M ou d'eau distillée. On agite doucement pendant une nuit. On pèse le tube et on centrifuge. On détermine le pH et la concentration en Mg du surnageant.

2b2 Expression des résultats

35 La capacité d'échange cationique (C.E.C.), en

-12-

milliéquivalents pour 100 g de sol sec, est exprimée comme suit :

- si l'on n'a ajouté que de l'eau distillée :

5

$$\text{CEC} = 100(0,1 - C_1 V_3) / p \text{ sol}$$

- si l'on a ajouté du MgSO₄

10

$$\text{CEC} = 100(0,01V_1 - C_1 V_3) / p \text{ sol}$$

formules dans lesquelles :

- p sol = poids en grammes de l'échantillon de sol sec

15

- C₁ = concentration en Mg dans le surnageant en milliéquivalents/ ml

- V₁ = volume en ml de la solution de MgSO₄ ajoutée

- V₃ = volume en ml de la solution finale de surnageant.

20

3 - Corrélation

Une série de mesures a été faite sur des échantillons de sols de référence considérés comme satisfaisants sur le plan de leur activité biologique.

25

Les résultats sont exprimés graphiquement à la figure 3 du dessin annexé.

A partir de ces résultats, on a pu établir une droite de régression dont le coefficient de régression r est de 0,6482. On obtient ainsi un abaque de corrélation.

4 - Exploitation

30

En procédant aux mêmes mesures de l'activité enzymatique de la phosphatase alcaline et de la capacité d'échange cationique sur un échantillon de sol dont on veut déterminer l'activité biologique et en comparant les résultats obtenus avec l'abaque issu de l'étape 3, on peut juger de cette activité biologique.

35

Que l'on ait recours à l'un ou l'autre mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, on n'a à effectuer que des opérations simples, rapides et peu coûteuses. On peut, par suite, les appliquer couramment aux sols agricoles en 5 vue d'aboutir à une "analyse conseil". Cela est d'autant plus utile que l'intensification de l'agriculture a conduit à une perte de matière organique dans les sols avec une baisse consécutive de leur activité microbienne. Le procédé selon l'invention permet aux agriculteurs de juger de l'état 10 de leur sol ainsi que de vérifier l'efficacité de tel ou tel produit dans le maintien ou l'augmentation de son activité biologique.

Il est bien entendu que la présente invention n'est pas limitée aux modes opératoires décrits ci-dessus, à titre 15 d'exemples. En particulier, l'activité enzymatique de la phosphatase alcaline pourrait être déterminée en utilisant un autre substrat que le phosphate de p-nitrophényle, ou même la phosphatase alcaline pourrait être dosée directement par tout procédé approprié. De même, la teneur en carbone, 20 la C.E.C. et la surface interne pourraient être mesurées par toutes autres méthodes reconnues sur le plan national ou international.

REVENDICATIONS

1 - Procédé de détermination de l'activité biologique d'un sol, caractérisé en ce qu'il consiste :

- à établir une corrélation entre, d'une part, la teneur en phosphatase alcaline d'une série de sols de référence dont l'activité biologique est jugée satisfaisante et, d'autre part, une autre caractéristique physique et/ou chimique de cette série de sols de référence,

10 - à mesurer la teneur en phosphatase alcaline et ladite autre caractéristique du sol objet de la détermination, et

- à comparer les résultats desdites mesures à la corrélation établie à partir des sols de référence.

15 2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à mesurer la teneur en phosphatase alcaline de façon indirecte, par une mesure de son activité enzymatique.

3 - Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite autre caractéristique est la surface interne du sol.

20 4 - Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que la droite de régression obtenue à partir des couples de mesures

25 . activité enzymatique de la phosphatase alcaline exprimée en µg de p-nitrophénol produit à partir de phosphate de p-nitrophényle /g de sol sec/heure, portée en ordonnée,

. surface interne du sol exprimée en m^2/g de sol, portée en abscisse,
fait apparaître un facteur de régression r de l'ordre de 0,95.

30 5 - Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite autre caractéristique est la teneur en carbone organique du sol.

35 6 - Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la droite de régression obtenue à partir des couples de

mesures

5 . activité enzymatique de la phosphatase alcaline exprimée en µg de p-nitrophénol produit à partir du phosphate de p-nitrophényle /g de sol sec/heure, portée en ordonnée,

10 . teneur en carbone organique du sol exprimé en pour mille (%), portée en abscisse,

15 fait apparaître un facteur de régression r de l'ordre de 0,75.

20 7 - Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite autre caractéristique est la capacité d'échange cationique du sol.

25 8 - Procédé selon la revendication 2 ou 7, caractérisé en ce que la droite de régression obtenue à partir des 15 couples de mesures

. activité enzymatique de la phosphatase alcaline exprimée en µg de p-nitrophénol produit à partir de phosphate de p-nitrophényle /g de sol sec/heure, portée en ordonnée,

30 . capacité d'échange cationique du sol exprimée en milliéquivalents/g de sol, portée en abscisse, fait apparaître un facteur de régression r de l'ordre de 0,65.

35 9 - Procédé selon l'une quelconque des revendication 4, 6 ou 8 caractérisé en ce qu'il consiste à comparer les valeurs d'activité enzymatique de la phosphatase alcaline données, d'une part, par la courbe de régression et, d'autre part, par la mesure sur le sol soumis à la détermination, pour la même valeur d'une autre caractéristique choisie entre la surface interne du sol, sa teneur en carbone organique et sa capacité d'échange cationique, et à interpréter le résultat à partir des hyperboles de confiance comme suit :

- valeur dans les hyperboles à 95 % : bon
- 35 - valeur dans les hyperboles à 90 % : insuffisant

2640998

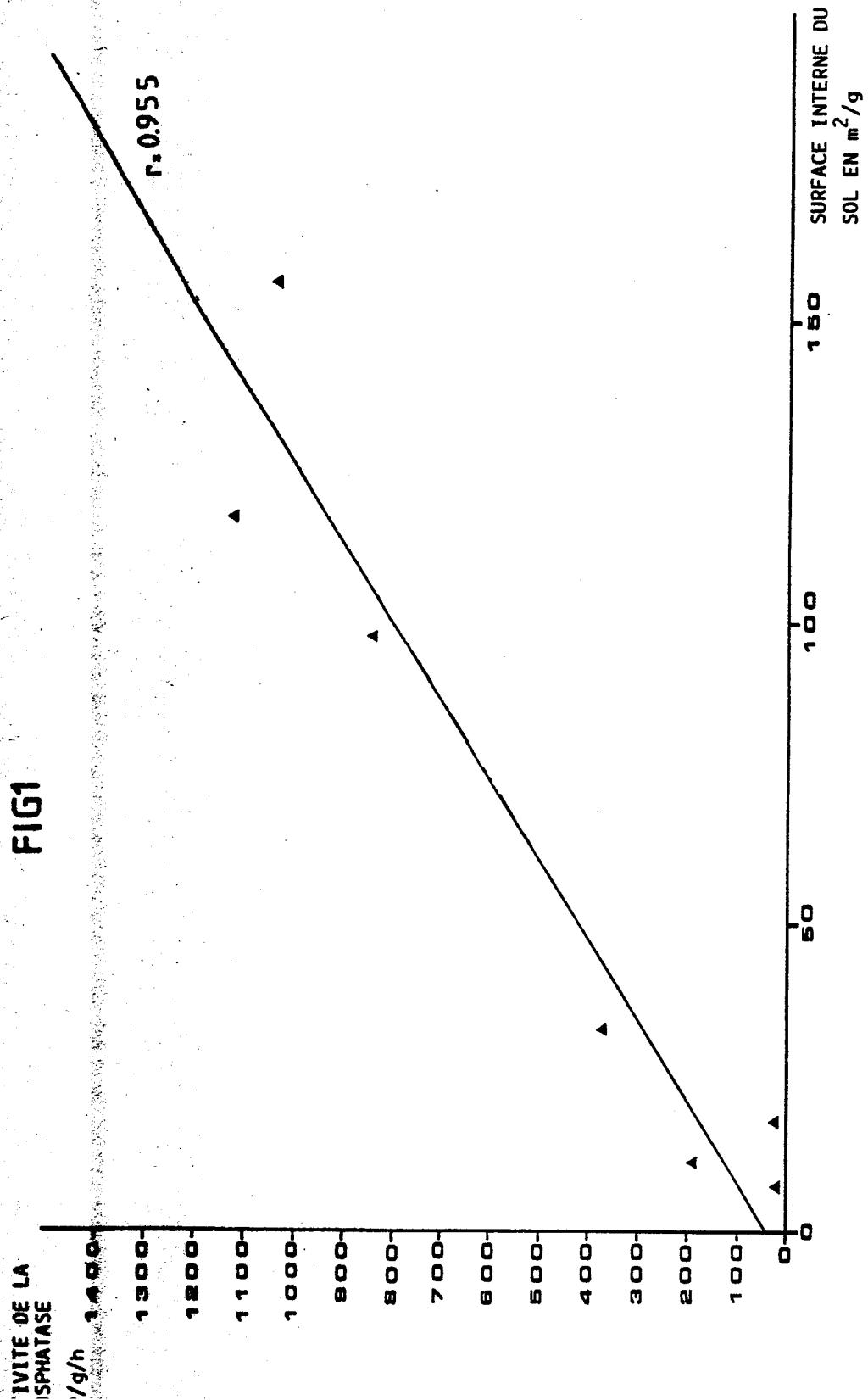
-16-

ou fort
- valeur hors des hyperboles à 90 % : mauvais
excessif.

2640998

1/3

FIG1



2640998

2/3

FIG2

RIVITE DE LA
PHOSPHATASE

-NP/g/h

1100

1000

900

800

700

600

500

400

300

200

100

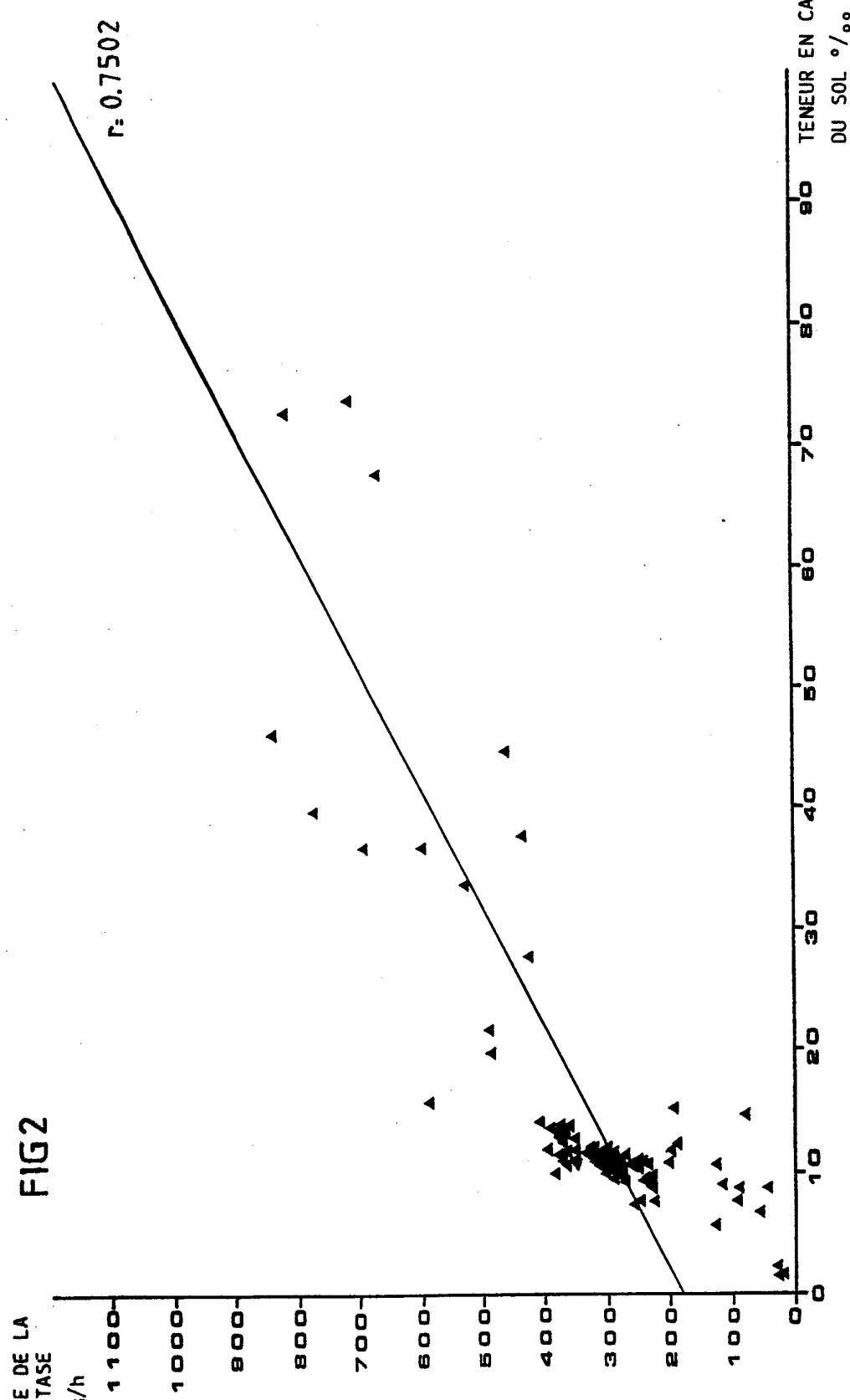
0

10

20

30

TENUE EN CARBONE
DU SOL %



2640998

3/3

FIG3

