

631. 46 : 576. 8. 093

PRÉCISION DES TECHNIQUES D'ANALYSE ET D'ÉCHANTILLONNAGE EN BIOLOGIE DES SOLS

PAR

Y. DOMMERGUES
O. R. S. T. O. M., Paris.

La qualité d'une étude pédo-agronomique dépend non seulement de la précision des méthodes analytiques utilisées, mais aussi de celle des techniques d'échantillonnage.

Si, dans le domaine de la chimie et de la physique du sol, ces problèmes ont fait l'objet de nombreux travaux, il n'en est pas de même en biologie des sols. Cette note a précisément pour but d'apporter quelques lumières sur la précision de diverses méthodes d'analyse biologique des sols et sur la valeur de deux techniques d'échantillonnage fréquemment utilisées.

I. — Rappel de quelques définitions.

Pour chacune des caractéristiques biologiques étudiées, on a calculé suivant les méthodes habituelles (14, 16, 17) :

— la moyenne : \bar{x}

— l'écart-type : S

— l'écart-type de la moyenne : $S_{\bar{x}} = \pm \frac{S}{\sqrt{n}}$

n représentant le nombre d'analyses ou d'échantillons.

— le coefficient de variation : $v = \frac{S \times 100}{\bar{x}}$

— l'indice de précision (ou erreur relative moyenne) : $P = \frac{S_{\bar{x}} \times 100}{\bar{x}}$

Le nombre n d'analyses à effectuer ou d'échantillons à prélever pour obtenir un indice de précision P que l'on se fixe à l'avance est donné par la formule :

$$n = \frac{t^2 \cdot v^2}{P^2}$$

où $t = 2$ si l'on admet la probabilité 0,05

$t = 2,6$ si l'on admet la probabilité 0,01.

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

Collection de Référence

n° 15098

Bio. Sol.

10 JUIN 1965

Inversement, l'indice de précision peut se calculer à partir de la formule :

$$P = \frac{t \cdot v}{\sqrt{n}}$$

II. — Précision des diverses méthodes d'analyses utilisées.

Les numérations des *Azotobacter chroococcum*, des *Beijerinckia indica*, des germes cellulolytiques, des bactéries nitreuses, ont été faites sur milieux classiques au silicogel (15) ensemencés par saupoudrage sur 16 plaques de 12 cm de diamètre (6). La microflore anaérobie du soufre a été dénombrée en utilisant la méthode d'interprétation cinétique d'AUGIER et LAVERGNE (2, 3) sur un nouveau milieu (4, 9).

La saccharase a été dosée d'après la méthode HOFMANN (13). Le taux d'azote minéralisable a été déterminé suivant la technique DROUINEAU (10) et le dégagement de gaz carbonique suivant une méthode simple décrite récemment (8). A partir de ces deux derniers chiffres il a été facile de calculer :

— le coefficient de minéralisation de l'azote qui n'est autre que le pourcentage d'azote du sol qui existe sous forme minéralisable,

— le coefficient de minéralisation du carbone qui est, pour le cycle du carbone, le pendant du coefficient de minéralisation de l'azote (8).

Les déterminations du taux de saccharase, d'azote minéralisable et de dégagement de gaz carbonique, résultent d'analyses effectuées en triple exemplaire. L'azote total a été déterminé par la méthode KJELDAHL, la carbone total par la méthode WALKLEY et le pH a été mesuré sur pâte de sol avec un pH mètre Radiometer muni d'une électrode de verre G 232 A pour milieu semi-solide.

La précision des méthodes d'analyse biologique a été calculée à partir de séries de :

— 20 analyses sur 16 plaques chacune pour les numérations sur silicogel.

— 13 analyses en simple exemplaire pour la microflore anaérobie du soufre,

— 12 analyses en triple exemplaire pour le dégagement de CO₂ et le taux de saccharase.

— 7 analyses en triple exemplaire pour l'azote minéralisable.

Il ressort du tableau I que l'indice de précision pour les numérations sur plaques de silico-gel oscille entre 30 p. 100 et 80 p. 100 ; pour les numérations en milieu liquide, il atteint 120 p. 100 ; pour les déterminations biochimiques (CO₂, azote minéralisable, dosages d'enzymes) il oscille entre 6 et 22 p. 100.

En fait, cette estimation de la précision est entachée d'une erreur

provenant de l'existence à l'intérieur de chaque échantillon de sol d'une microhétérogénéité parfois importante. En effet, quelque soit le soin apporté, il est impossible d'obtenir à partir d'un même échantillon de sol, une série de sous-échantillons présentant des caractéristiques biologiques identiques. Cette microhétérogénéité est très importante lorsque le sol contient des petites particules de matière organique non décomposée qui, lors de la division, se répartissent irrégulièrement dans les sous-échantillons (sol OR).

TABLEAU I

Indice de précision de quelques méthodes d'analyse biologique.

Nature des déterminations	Argile noire tropicale (TH)	Sol ferrugi- neux tropical non lessivé DIOR (OR)	Sol ferrugi- neux tropical hydromorphe (DH)	Sol hydro- morphe sur alluvions (DL)
<i>Numérations sur silico-gel</i> (lectures portant sur un lot de 16 plaques).				
Densité des <i>Azobacter chroococcum</i>	55 %			
Densité des germes cellulolytiques	30 %	80 %		
Densité des bactéries nitreuses	33 %	80 %		
<i>Numérations en milieu liquide :</i>				
<i>Microflore anaérobie du soufre</i> (analyses en simple exemplaire)				
Densité au temps infini				122 %
Densité au 21 ^e jour				116 %
Pente de la droite de numération cinétique (+)				55 %
<i>Dégagement de CO₂</i> (analyses en triple exemplaire)		12 %	6 %	
<i>Azote minéralisable</i> (analyses en triple exemplaire)		22 %	18 %	
<i>Saccharase</i> (analyses en triple exemplaire)		12 %	7 %	

(1) Le sol étudié est caractérisé par une courbe cinétique linéaire.

En ce qui concerne les analyses de carbone et d'azote dans le sol, l'indice de précision serait, suivant les auteurs, de 2 ou 4 p. 100 (11, 12).

III. — Valeur de la technique dite des « échantillons séparés ».

Cette technique d'échantillonnage consiste à diviser la parcelle à étudier en une vingtaine de sous parcelles de surface égale et à n'effectuer les prélèvements que dans n d'entre elles choisies au hasard (n est égal à trois en général). On obtient ainsi n échantillons que l'on analyse *séparément*.

Cette méthode a été testée à la Station Expérimentale de l'Institut pour les Huiles et Oléagineux de DAROU (Sénégal) sur un sol ferrugineux

tropical lessivé à hydromorphie temporaire (I). La parcelle étudiée d'une surface de 243 m² a été divisée en 18 sous-parcelles de 13,5 m² dans chacune desquelles on a récolté un échantillon résultant du mélange de 30 micro-prélèvements répartis systématiquement sur les 13,5 m². C'est à partir de ces 18 échantillons qu'on a calculé les coefficients de variation et l'indice de précision dans le cas du prélèvement de 3 échantillons par parcelle (tableau II).

TABLEAU II

Précision de la technique dite « des échantillons séparés » dans le cas d'un sol ferrugineux tropical lessivé à hydromorphie temporaire de Darou (Sénégal) — juin 1959

Nature des déterminations	Nbre d'échantillons utilisés pour le calcul de v	Moyenne x	Coefficient de variation v	Indice de précision P obtenu avec 3 échantillons par parcelle
<i>Nuérations bactériennes.</i>				
Densité des germes cellulolytiques (en unités par g de sol)	18	1 943	18,1	21
Densité des bactéries nitreuses (en unités par g de sol)	18	525	25,5	29
Densité de la microflore anaérobie du soufre (en milliers par g de sol)	18	47	80,6	93
Pente de la droite de numération cinétique correspondante	18	7	34,8	40
<i>Dosages biochimiques.</i>				
Dégagement de CO ₂ (mg de CO ₂ dégagé en 7 j par 100 g de sol)	18	53	10,1	12
Azote minéral + Azote minéralisable (p. p. m.)	18	25	14,8	17
Saccharase (1)	18	650	9,7	11
<i>Autres déterminations.</i>				
Carbone total pour mille	18	5,6	9,9	11
Coefficient de minéralisation du carbone	18	2,6	11,5	13
Azote total pour mille	18	0,46	10,8	12
Coefficient de minéralisation de l'azote	18	5,4	11,9	14
pH	18	6,6	2,2	3

(1) Le taux de saccharase est exprimé par le nombre de mg de sucres réducteurs provenant du doublement de 10 g de saccharose sous l'action de l'enzyme contenu dans 100 g de sol.

Ce sol ne renfermant que très peu d'*Azotobacter chroococcum* (de 0 à 100 microcolonies par gramme de sol), il n'a pas été possible d'étudier la variabilité de la densité de ce germe. Par contre, on a profité du fait que la microflore anaérobie du soufre y présentait une courbe de numération cinétique sensiblement linéaire pour calculer la variabilité de la pente de la droite correspondante.

Il ressort du tableau II que l'indice de précision obtenu avec trois échantillons par parcelle atteint les valeurs suivantes :

	%
Numérations sur silico-gel	21 à 29
Numérations en milieu liquide	93
Pente de la droite de numération cinétique	40
Déterminations biochimiques	11 à 17
Déterminations chimiques (carbone et azote)	11 à 12

La méthode de travail que nous avons adoptée étant assez proche de celle de ZAKHARCHENKO (17), il nous a paru intéressant de comparer nos résultats avec ceux de cet auteur. En effet, ce dernier est parti d'une parcelle de 224 m², donc d'une dimension très voisine, sur laquelle il a récolté à intervalles réguliers 20 échantillons qui ont été analysés séparément et à partir desquels on a également calculé les coefficients de variation et les indices de précision dans le cas de 3 prélèvements. Il convient toutefois de signaler une différence dans les deux méthodes : alors que chacun des échantillons que nous avons récoltés résultait du mélange de 30 micro-prélèvements répartis sur toute la surface de chaque sous-parcelle, ZHAKHARCHENKO semble avoir effectué ses prélèvements par points. D'autre part, les sols étudiés appartiennent à des types très éloignés puisque dans un cas il s'agit d'un sol ferrugineux tropical lessivé à hydromorphie temporaire du Sénégal, et dans l'autre, il s'agit d'un sérozem gris de Tadjikistan. Quoi qu'il en soit, les résultats de ZAKHARCHENHO sont du même ordre de grandeur que les nôtres (tableau III).

TABLEAU III

*Précision de la technique d'échantillonnage dite
« des échantillons séparés » dans le cas d'un sérozem clair
(d'après ZAKHARCHENKO).*

Nature des déterminations	Nbre d'échantillons utilisés pour le calcul de v	Moyenne x	Coefficient de variation v	Indice de précision P obtenu avec 3 échantillons par parcelle
Densité de la microflore totale (en milliers par g de sol)	20	865	38,11	44
Densité des <i>Azotobacter</i> (en unités par g de sol)	20	524,5	39,38	45
Densité des germes nitrificateurs (en milliers par g de sol)	19	7,06	63,03	73
Densité des cellulolytiques (en uni- tés sur la surface de la cellu- lose)	19	6,1	59,0	68

En fait, l'estimation de la précision telle qu'elle résulte de ces calculs, tient compte non seulement de la variabilité dans l'espace des caractéristiques biologiques, que l'on pourrait désigner sous le nom de variabilité à l'échelle de la parcelle ou macrohétérogénéité, mais aussi de la microhétérogénéité ou hétérogénéité de l'échantillon et enfin des imperfections des méthodes de numération ou de dosage.

IV. — Valeur de la technique dite de l'« échantillon composite unique ».

La méthode d'échantillonnage précédente présente l'inconvénient d'exiger au laboratoire l'analyse de trois échantillons par parcelle. Pour réduire le nombre d'analyses nous avons donc adopté depuis plusieurs années une technique consistant à effectuer sur l'ensemble de la parcelle, au minimum 30 micro-prélèvements régulièrement répartis dont le mélange constitue l'*échantillon composite unique*. Dans quelle mesure l'échantillon composite ainsi obtenu représente-t-il la parcelle?

Pour tester cette méthode d'échantillonnage, on a effectué dans 3 types de sols 12 à 16 séries successives de 30 micro-prélèvements, de façon à obtenir 12 à 16 échantillons composites qui ont été analysés séparément. Il ressort du tableau IV que l'indice de précision atteint les valeurs extrêmes suivantes pour les différentes déterminations dans les deux premiers sols :

	%
Numérations sur silico-gel	37 à 106
Déterminations biochimiques.....	9 à 27
pH.....	2 à 7

Quant au troisième type de sol, on y observe une variabilité encore plus élevée qui doit être imputée, au moins partiellement, à la grande surface de la parcelle (1650 m² au lieu de 140 ou 200 m²).

V. — Conclusion.

A. — Précision des techniques d'analyse biologique.

Il est difficile de faire une estimation exacte de la précision des analyses biologiques, car cette estimation est, ainsi qu'on l'a signalé, entachée d'une erreur provenant de l'existence à l'intérieur de chaque échantillon d'une microhétérogénéité qu'il semble malaisé d'éliminer. En effet, si un broyage poussé, suivi d'une fractionnement rigoureux, ne présente aucune difficulté pour des échantillons que l'on soumet à l'analyse chimique, il n'en est plus de même des échantillons de série destinés à l'analyse biologique si l'on veut opérer aussi stérilement

TABLEAU IV.

Précision de la technique dite de l' « échantillon composite unique »

Type de sol et date de prélèvement	Dimensions de la parcelle	Nature des déterminations	Nombre n de répétitions	Moyenne \bar{x}	Coefficient de variation v	Indice de précision P dans le cas de l'échantillon composite unique
Sol ferrugineux tropical lessivé à hydromorphie temporaire de Darou, Sénégal (janvier 1957).	7 m × 20 m	Densité des germes cellulolytiques...	12	702	24,7	49
		Densité des bactéries nitreuses	12	445	53,3	106
		Dégagement de CO ₂	12	52	11,6	23
		Saccharase	12	562	4,7	9
		pH	12	64	0,9	2
		Densité des <i>Beijerinckia indica</i>	16	156	50,7	101
Sol hydromorphe de bas-fond sur alluvions, Foulaya, Guinée (mars 1957).	10 m × 20 m	Densité des germes cellulolytiques...	16	2 111	18,4	37
		Densité des bactéries nitreuses.....	16	1 988	32,5	65
		Dégagement de CO ₂	16	137	11,4	23
		Azote minéral + Azote minéralisable.	16	79	12,5	25
		Saccharase	16	399	13,4	27
		pH	16	5,7	3,7	7
		Densité des <i>Azotobacter chroococcum</i> ..	16	950	17,6	35
Sol dunaire peu évolué Malika, Sénégal (septembre 1957).	33 m × 50 m	Densité des germes cellulolytiques ...	16	484	33,5	67
		Densité des bactéries nitreuses	16	1 727	35,0	70
		Dégagement de CO ₂	16	27	16,1	32
		Azote minéral + Azote minéralisable .	16	15	26,9	54
		Saccharase	16	566	19,9	40
		pH	16	8	0,8	2

N. B. — Les densités bactériennes sont exprimées en nombre de microcolonies par gramme de sol, le dégagement de CO₂ en mg de CO₂ dégagé en 7 jours par 100 g de sol, l'azote minéral et minéralisable en p. p. m., la saccharase en nombre de mg de sucres réducteurs provenant du dédoublement de 10 g de saccharose sous l'action de l'enzyme contenu dans 100 g de sol.

que possible. D'autre part, les échantillons étudiés par le biologiste proviennent la plupart du temps des horizons superficiels dont la microhétérogénéité est presque toujours importante et varie fortement d'un type de sol à l'autre.

Quoi qu'il en soit, on peut admettre pour les indices de précision, les ordres de grandeur suivants :

	%
Numérations sur silico-gel	30 à 80
Numérations en milieu liquide	120
Dosages biochimiques	6 à 22
Dosages chimiques (carbone et azote)	4

B. — Techniques d'échantillonnage.

1^o *Techniques dite « des échantillons séparés ».*

On a vu que cette technique consistait à récolter dans la parcelle à étudier, un certain nombre d'échantillons, en général trois, que l'on analyse séparément. Les indices de précision obtenus dans ces conditions dans une parcelle de 200 m² environ dans un sol ferrugineux tropical hydromorphe sont les suivants :

	%
Numérations sur silico-gel	21 à 29
Numérations en milieu liquide	93
Déterminations biochimiques	11 à 17

Cette précision est amplement suffisante compte tenu de celle des méthodes analytiques.

2^o *Technique dite « de l'échantillon composite unique ».*

Cette technique, déjà décrite plus haut, consiste à effectuer sur l'ensemble de la parcelle 30 micro-prélèvements dont le mélange constitue l'échantillon composite unique sur lequel on fait porter l'analyse. Les indices de précision obtenus dans ces conditions dans des parcelles d'une surface de l'ordre de 100 à 200 m² sont les suivants :

	%
Numérations sur silico-gel	37 à 106
Déterminations biochimiques	9 à 27

Si cette deuxième méthode présente l'avantage de ne nécessiter qu'une analyse, elle semble, par contre, moins précise que la précédente. Lorsque les différences existant entre les parcelles soumises aux divers traitements sont peu marquées, il peut être nécessaire de prélever deux ou trois échantillons composites par parcelle, chaque échantillon correspondant à la moitié ou au tiers de la surface de la parcelle.

C. — Conséquences de la grande variabilité dans l'espace des caractéristiques biologiques.

Les différents exemples cités ci-dessus correspondent à des sols relativement homogènes. Mais il est des cas où l'hétérogénéité est beaucoup plus considérable (sols forestiers, sols de montagne). D'autre part, on n'a envisagé ici que l'hétérogénéité à l'échelle d'une parcelle de 200 m² environ ; mais lorsqu'il s'agit d'un bloc expérimental de 1000 m² ou plus, l'hétérogénéité s'aggrave encore. Il est bien rare alors que le biologiste puisse mettre en évidence des différences significatives dans le comportement de la microflore en liaison avec les différents traitements. Dans ces conditions, il est indispensable d'avoir recours à une *méthode de prélèvements par couple* (méthode d'appariements) dont l'emploi annule en grande partie les effets de l'hétérogénéité du sol. Cette méthode consiste à définir sur le terrain des couples de parcelles d'une surface de l'ordre de 10 à 30 m² au maximum sur chacune desquelles on effectue une trentaine de micro-prélèvements dont le mélange constitue l'échantillon à analyser. Cette technique nous a donné d'excellents résultats dans l'étude de sols forestiers à condition d'opérer sur un nombre assez élevé de couples (au moins 10).

Bien des échecs en matière de biologie des sols peuvent s'expliquer par la méconnaissance de ces problèmes d'hétérogénéité des caractéristiques biologiques du sol.

RÉSUMÉ

Comme les échantillons de sols présentent toujours une microhétérogénéité importante, on ne peut faire qu'une estimation approximative de l'indice de précision des méthodes d'analyse biologique.

En ce qui concerne l'échantillonnage, on obtient dans le cas de sols homogènes, des résultats relativement satisfaisants en prélevant, par parcelle de 200 m², trois échantillons que l'on analyse séparément, ou à défaut, un seul échantillon composite provenant du mélange d'une trentaine de micro-échantillons prélevés sur l'ensemble de la parcelle.

Lorsque l'hétérogénéité des caractéristiques biologiques du sol à l'échelle de la parcelle et du bloc expérimental, ou macrohétérogénéité, devient considérable, il est nécessaire d'avoir recours à des prélèvements par couples avec de très nombreuses répétitions.

SUMMARY

The precision of analytical techniques and sampling in soil biology.

Due to the fact that soil samples always show a considerable micro-heterogeneity, the index of precision of methods of biological analysis can only be estimated by approximation.

As far as sampling is concerned, relatively satisfactory results may be obtained with homogenous soils by taking three samples for every 200-sqm plot for separate analysis, or one composite sample consisting of about 30 small samples taken from the entire experimental plot.

If the heterogeneity of the biological characteristics of the soil of the plots or experimental bloc, or the macro-heterogeneity, are considerable, sampling must be done in pairs with a very large number of replicates.

ZUSAMMENFASSUNG

Genauigkeit bei Analyse-und Probesortierungstechniken im Gebiete der Bodenbiologie.

In Anbetracht der beträchtlichen Mikroheterogenität der Bodenproben, kann nur eine annähernde Ergänzung der Genauigkeitsindizien der biologisch-analytischen Methoden ausgemacht werden.

Was die Probesortierung betrifft, so erhält man, im Falle von homogenen Böden, verhältnismässig befriedigende Resultate indem man in Parzellen von 200m², drei Proben entnimmt und dieselben einzeln untersucht; doch in Ermangelung solcher, kann man eine einzige Probe, die aus dreissig Mikroproben besteht, und auf der Gesamtfläche der Parzelle zu entnehmen sind, benützen.

Wenn die Heterogenität der biologischen Bodencharakteristiken in dem Masstab der Parzelle, des experimentellen Blocks oder Makroheterogenität sich bedeutend auswirkt, so ergibt sich die Notwendigkeit einer paarweisen Probenentnahme, die viele Wiederholungen beträgt.

Точность аналитических методов и взятия проб в почвенной биологии.

И. ДОММЕРГ. О.Р.С.Т.О.М. Париж.

KRATKOE СОДЕРЖАНИЕ

Так как почвенные пробы всегда имеют значительную микрогетерогенность, то можно лишь приблизительно определить степень точности биологических анализов.

Что касается взятия проб, то, в случае гомогенных почв, получаются сравнительно удовлетворительные результаты, когда берется, на площадке в 200 м², три пробы, которые анализируются каждая отдельно, или, в противном случае, одна единственная проба, средняя, получаемая от смешивания около тридцати маленьких проб, взятых на разных пунктах площадки.

Когда гетерогенность биологических характеристик почв в масштабе площадки и экспериментального блока (т. е. макрогетерогенность) становится значительной, то необходимо прибегнуть ко взятию проб парами, с очень многочисленными повторными анализами.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) Anonyme. — Secteur expérimental du Sénégal. Le point d'essai de Darou. Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux, Paris (1958).

- (2) AUGIER (J.) et LAVERGNE (D.). — La numération des germes telluriques par voie biologique. Une nouvelle méthode d'appréciation : la numération cinétique. I, Exposé général. *Ann. Inst. Pasteur*, **95**, p. 343-353, (1958).
- (3) AUGIER (J.). — La numération des germes telluriques par voie biologique. Une nouvelle méthode d'appréciation : la numération cinétique. 2, Interprétation. — *Ann. Inst. Pasteur*, **95**, p. 604-614, (1958).
- (4) BARJAC (H. de) et POCHON (J.). — Appréciation de la microflore tellurique anaérobie active sur le soufre organique. *Ann. Inst. Pasteur*, **89**, p. 591-593, (1955).
- (5) DEMOLON (A.). — Dynamique du sol. Dunod, Paris (1948).
- (6) DOMMERGUES (Y.). — Numération des germes telluriques sur milieux électifs au silico-gel. — *C. R. VI^e Cong. Inter. Sc. Sol.*, Paris, (1956).
- (7) DOMMERGUES (Y.). — La numération des ferro-bactéries. — *C. R. VI^e Cong. Intern. Sc. Sol.*, volume A, Paris (1956).
- (8) DOMMERGUES (Y.). — La notion de coefficient de minéralisation du carbone. *Agronomie Tropicale* **1**, p. 54-60 (1960).
- (9) DOMMERGUES (Y.). — Application de la méthode de numération cinétique à la caractérisation de quelques groupements physiologiques de microorganismes telluriques. *Ann. Inst. Pasteur*, **98**, p. 887-901 (1960).
- (10) DROUINEAU (G.) et LEFEVRE (G.). — Première contribution à l'étude de l'azote minéralisable dans les sols. *Ann. Agr.*, **4**, 19 pages (1949).
- (11) DUGAIN (F.). — Sur les méthodes de prélèvement et de la préparation des échantillons de sol. *Fruits*, **13**, 9-10 p. 395-400 (1959).
- (12) FERRARI (T. J.) et VERMEULEN (H. B.). — L'incidence de l'hétérogénéité des sols sur les résultats de leur analyse. *Organisation et Rationalisation de l'analyse des sols O. E. C. E.*, Paris, p. 125-138 (1956).
- (13) HOFMANN (E.) SEEGENER (A.). — Uber das Enzym system unserer Kulturböden (saccharase). *Biochemische Zeitschrift*, **322**, p. 174-9, (1951).
- (14) MASSIBOT (J. A.). — La technique des essais culturaux et des études d'écologie agricole. — Georges Frères, Tourcoing (1946).
- (15) POCHON (J.). — Manuel technique d'analyse microbiologique du sol. Masson, Paris (1954).
- (16) VESSEREAU (A.). — Méthodes statistiques en biologie et en agronomie. Baillièrè et fils, Paris (1948).
- (17) ZAKHARCHENKO (A. F.). — Application de la méthode d'étude statistique des variations dans les recherches microbiologiques. *Pochvovedenie*; **3**, p. 89-94. (Traduction E. JAVET) (1958).

Bio Sol

PRÉCISION DES TECHNIQUES D'ANALYSE ET D'ÉCHANTILLONNAGE EN BIOLOGIE DES SOLS

PAR

Y. DOMMERGUES

(Extrait des ANNALES AGRONOMIQUES, livraison du N° 4 de 1960.)

Pages 469 à 479



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

Collection de Référence

n° 98

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

15.098