

Précision des analyses de terre pour quelques sols de Côte d'Ivoire.

J. GODEFROY et Thérèse YAO*

avec la collaboration des techniciens du laboratoire IRFA/Côte d'Ivoire.

THE ACCURACY OF SOIL ANALYSIS FOR SEVERAL SOILS IN COTE D'IVOIRE.

J. GODEFROY and Thérèse YAO.

Fruits, Jul.-Aug. 1990, vol. 45, n° 4, p. 377-380.

ABSTRACT - The accuracy of laboratory soil analyses was studied on several «reference» or «control» samples. One or two of these references are systematically analysed as control with each series of 25 to 30 samples. The different results are studied statistically : average, standard deviation, confidence interval of an analysis expressed as a percentage of the average. The accuracy or confidence interval can vary within fairly broad limits according to the elements and soil type. The greatest accuracy was generally in pH measurement (4 to 6%) and then in determination of organic C, total N and assimilable P (Dyer) (5 to 15%). The confidence interval for Ca and Mg was about 15 to 20% and 15 to 40% for K according to the soil.

PRECISION DES ANALYSES DE TERRE POUR QUELQUES SOLS DE COTE D'IVOIRE.

J. GODEFROY et Thérèse YAO.

Fruits, Jul.-Aug. 1990, vol. 45, n° 4, p. 377-380.

RESUME - La précision des analyses de terre, au niveau du laboratoire, est étudiée sur quelques échantillons dit de «référence» ou de «contrôle». Une ou deux de ces références, sont, en effet, systématiquement analysées avec chaque série de 25 à 30 échantillons, à titre «de contrôle». Les différents résultats sont étudiés statistiquement : moyenne, écart-type, intervalle de confiance d'une analyse exprimée en pourcentage de la moyenne.

La précision ou intervalle de confiance peut varier dans des limites assez larges suivant les éléments et le type de sol. La meilleure précision est, généralement, obtenue sur la mesure du pH (4 à 6 p. 100), puis sur les dosages de C organique, N total et P assimilable «Dyer» (5 à 15 p. 100). Pour Ca et Mg, l'intervalle de confiance est de l'ordre de 15 à 20 p. 100 et pour K il est compris entre 15 et 40 p. 100 selon les sols.

INTRODUCTION

Deux articles publiés, récemment, dans cette revue (GODEFROY, 1989 et 1990) concernent les problèmes d'échantillonnage de terre en vue du diagnostic «sol», ainsi que la précision des résultats que l'on peut espérer obtenir, compte tenu de l'hétérogénéité du sol. Dans cet article qui sera suivi d'un second relatif aux sols de Martinique, nous étudions la précision des analyses, au niveau du laboratoire, pour 5 types de sol de Côte d'Ivoire.

LES CAUSES D'ERREUR AUX DIFFERENTS STADES DE L'ANALYSE

L'analyse de terre comporte trois étapes :

a) l'échantillonnage et la pesée de la prise d'essai,

b) l'extraction de l'élément à analyser,
c) le dosage de l'élément.

A chacun de ces stades on commet une erreur dont la grandeur pourra varier d'un type de sol à l'autre, ainsi que d'un laboratoire à un autre.

L'échantillonnage de la prise d'essai est une opération très importante puisqu'elle conditionne, en grande partie, la précision de l'analyse. Dans le cas de prélèvements de sol «méthode agronomique», constitués du mélange de 25 à 30 carottes, l'échantillon remis au laboratoire a une masse de 2 à 3 kg après tamisage de la terre sèche et les prises d'essais à peser sont de 1 à 30 g suivant les éléments à analyser. Cet échantillonnage au laboratoire doit donc être réalisé avec beaucoup de soin. Il faut d'abord bien mélanger toute la terre, soit dans un mélangeur mécanique, soit en effectuant une dizaine de passages successifs sur un diviseur-échantillonneur, après avoir remélangé entre chaque division les deux fractions. Ensuite, l'échantillon est réduit en utilisant de nouveau le diviseur-échantillonneur (GODEFROY, 1989). On conserve pour le laboratoire une boîte de 4 à 500 g de terre dans laquelle on prélève la terre néces-

* - GODEFROY - IRFA/CIRAD - B.P. 5035 - 34032 MONTPELLIER Cedex
YAO - IRFA/CIRAD - 01 B.P. 1740 - ABIDJAN 01 - R.C.I.

saire aux différentes déterminations. L'erreur sur la pesée est faible mais en région tropicale humide il convient, toutefois, de limiter les variations d'humidité de la terre en fonction de l'état hygrométrique de l'air extérieur. Pour cette raison, les échantillons sont placés en salle climatisée au moins 48 heures avant de faire les pesées. Dans certains cas, pour les analyses nécessitant le maximum de précision, on peut être conduit à sécher la terre à l'étuve puis à la conserver dans un dessiccateur avant de peser.

L'extraction et le dosage des éléments ne posent pas de problème particulier sauf pour les sols tourbeux pour lesquels les techniques d'extractions utilisées pour les sols minéraux ont dû être modifiées (GODEFROY, 1977 b).

Lorsque l'on analyse le même échantillon plusieurs fois dans une même série analytique, les écarts entre les résultats sont toujours très petits (GODEFROY, 1977 a et 1989). Cette bonne homogénéité est due au fait que le maximum de conditions identiques sont réunies : technicien, température, solution d'extraction, réglage des appareils de mesure, courbes d'étalonnage, etc. En revanche, entre séries d'analyses, ces différents facteurs peuvent être source de variations et cela d'autant plus que les diverses séries sont espacées dans le temps. Il peut, en effet, intervenir des changements de techniciens, une usure des appareils de mesures, le vieillissement ou le renouvellement des solutions «étalon», etc. Afin de contrôler les analyses et de «détecter» des erreurs éventuelles, un ou deux échantillons dits de «référence» ou de «contrôle» sont ajoutés à chaque série qui est, généralement, de 25 à 30 échantillons. Le laboratoire dispose de plusieurs références ; le choix de l'une ou l'autre est fait de telle sorte que ses caractéristiques physico-chimiques soient comparables à celles des terres analysées. Ces échantillons de contrôle sont, initialement, constitués en mélangeant une dizaine de kilogrammes de terre qui est conservée à l'abri de l'humidité. C'est à partir de ce sol que sont remplies les boîtes d'une capacité de 500 g, dans lesquelles est prélevée la terre nécessaire aux analyses. Le remplissage des boîtes est fait au diviseur-échantillonneur selon une méthode plus complète (GODEFROY, 1977 a), mais aussi plus longue que la simple partition utilisée pour les échantillons courant (cf. ci-dessus). Dans ces conditions de manipulation, on peut considérer que les variations dues à l'échantillonnage de la prise d'essai sont très faibles et que l'erreur d'analyse provient, principalement, de l'extraction et du dosage des éléments. Pour estimer la précision des analyses, nous avons étudié les paramètres de distribution des résultats entre les séries analytiques des cinq échantillons de référence. Suivant les éléments et les références, le nombre de répétitions (N) est variable. Lorsque nous disposons d'un grand nombre de résultats nous nous sommes limités à ceux des 40 dernières séries d'analyses.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Pour chaque caractère nous avons calculé la moyenne (\bar{x}), l'écart-type (σ) et l'intervalle de confiance (Δ) pour une seule analyse, exprimé en pourcentage de la moyenne :

$$\Delta \% = \frac{t\sigma}{\bar{x}} \times 100 \text{ où } t \text{ est la valeur de la distribution de}$$

Student pour N-1 D.L. C'est par cette valeur « Δ %» que nous exprimons la précision.

Cinq sols sont étudiés : 3 minéraux, et 2 organiques (tourbe) et les séries analytiques s'échelonnent sur 2 à 3 années pour 4 références ; 5 ans pour celle de l'essai ABY-103. Les méthodes utilisées au laboratoire sont résumées en annexe.

La précision varie dans des limites assez larges suivant les éléments et pour un même élément suivant les sols (tableaux 1 et 2). La meilleure précision est obtenue, pour toutes les références sur la mesure du pH : 4 à 5 p. 100 pour les sols minéraux, 6 p. 100 pour les tourbes.

La précision est, également, très satisfaisante sur le dosage du carbone organique : sols minéraux 5 et 6 p. 100, tourbes 11 et 12 p. 100. Sur l'analyse de l'azote total, elle est meilleure que celle du carbone pour les tourbes (6 et 9 p. 100) mais moins bonne pour les sols minéraux (10 à 15 p. 100).

L'intervalle de confiance sur la détermination de la capacité d'échange cationique (CEC) est de l'ordre de 12 p. 100 mais il est un peu plus élevé pour la référence : ABY-103 (19 p. 100).

En ce qui concerne les cations échangeables et le phosphore assimilable, la précision peut varier fortement suivant les références. Un cas particulier est celui du sol d'Anguédédou, qui est très pauvre en Ca, Mg, K et P et a des « Δ » très élevés (41, 86, 66 et 24 p. 100) ; cela s'explique par le fait que les éléments à doser ont des teneurs du même ordre de grandeur que la précision des analyses, d'où des erreurs relatives très grandes. En revanche, les écarts de teneurs en valeur absolue sont très petits. Si l'on excepte cette référence, les intervalles de confiance (Δ) sont les suivants (en pourcentage) :

	Sols minéraux	Sols organiques
calcium	15 et 18	19 et 20
magnésium	11	14 et 22
potassium	30 et 31	15 et 40
phosphore	8 et 9	9 et 14

Sur le plan statistique, l'imprécision sur l'analyse de certains éléments peut sembler élevée. Mais, si l'on examine ces résultats du point de vue de l'utilisation que peut en faire l'agronome, ces valeurs n'ont rien d'alarmantes ... Si nous considérons les teneurs extrêmes obtenues entre les séries d'analyses (minimum et maximum), nous aurions fait les mêmes interprétations et donné les mêmes conseils de fertilisation dans tous les cas.

CONCLUSION

La précision des analyses de terre dépend, bien évidemment, du laboratoire (personnels, équipements, etc.) et des méthodes analytiques utilisées mais, également, des éléments dosés et des caractéristiques physico-chimiques des sols. Dans ces conditions, il est difficile de tirer des conclusions généralisables. Il se dégage, toutefois, de cette étude et de la précédente (GODEFROY, 1977 a) des tendances.

La précision sur la mesure du pH est toujours très bonne, ainsi que celle sur la teneur en matière organique (C organique et N total). En ce qui concerne le complexe d'échange, la précision sur la mesure de la capacité d'échan-

TABLEAU 1 - Moyenne (\bar{x}), minimums, maximums () et paramètres de distribution des variables (1) entre les séries (2) d'analyses (N) sur 3 sols minéraux.

Caractéristiques pédologiques	Sol ferrallitique à texture argilo-sableuse, moyennement pourvu en cations				Sol ferrallitique à texture sablo-argileuse, très pauvre en cations basiques				Sol peu évolué d'apport à texture argilo-sableuse, moyennement pourvu en cations basiques			
	IRFA AZAGUIE				IRFA ANGUÉDEDOU				Plantation M'BROME			
Provenance	N	\bar{x}	σ	$\Delta\%$	N	\bar{x}	σ	$\Delta\%$	N	\bar{x}	σ	$\Delta\%$
Matière organique												
Carbone p. mille	40	11,13 (10,6-11,8)	0,30	5,4	40	7,27 (6,9-7,8)	0,19	5,3	10	11,11 (10,6-11,6)	0,32	6,4
Azote total p. mille	40	0,77 (0,7-0,9)	0,04	10	40	0,52 (0,5-0,6)	0,04	15	10	0,88 (0,8-1,0)	0,06	15
Complexe d'échange												
Ca échangeable mé/100 g	40	3,15 (2,8-3,9)	0,23	15	40	0,13 (0,1-0,2)	0,03	41	40	2,39 (2,1-3,1)	0,21	18
Mg échangeable mé/100 g	40	0,71 (0,6-0,8)	0,04	11	40	0,05 (0,03-0,10)	0,02	86	40	1,11 (1,0-1,2)	0,06	11
K échangeable mé/100 g	40	0,20 (0,1-0,3)	0,03	30	40	0,03 (0,02-0,07)	0,01	66	40	0,21 (0,2-0,3)	0,03	31
CEC mé/100 g	40	7,10 (6,2-7,9)	0,45	13	40	6,26 (5,6-6,8)	0,35	11	15	7,81 (7,0-8,3)	0,44	12
pH	40	5,77 (5,5-6,0)	0,12	4,3	40	4,37 (4,2-4,6)	0,11	4,9	31	5,37 (5,2-5,5)	0,12	4,4
Al échangeable mé/100 g	40	traces	-	-	40	1,16 (1,0-1,3)	0,09	15	19	traces	-	-
Phosphore												
P assimilable ppm	40	172 (158-195)	7	8,0	40	5,4 (5-7)	0,6	24	22	61 (56-65)	3	9,1

(1) σ = écart-type ; $\Delta\%$ = intervalle de confiance d'une analyse à la probabilité 95 %, exprimé en pourcentage de la moyenne : $\Delta\% = \frac{t\sigma}{\bar{x}} \times 100$ (t valeur de la distribution de Student pour N - 1 D.L.).

(2) Les séries d'analyses s'échelonnent sur 2 années pour les références «Azaguié» et «Anguédedou» et sur 3 années pour la référence «M'BROME»

ge cationique (CEC) est, généralement, satisfaisante. En revanche, l'ordre de grandeur de l'erreur sur l'analyse de Ca, Mg et K peut varier dans une gamme assez large suivant les sols. Souvent, l'intervalle de confiance d'une analyse, exprimé en pourcentage de la moyenne ($\Delta\%$) augmente quand la teneur de l'élément diminue.

La méthode «DYER» de dosage du phosphore assimilable, utilisée au laboratoire de Côte d'Ivoire, donne des résultats, relativement précis (10 p. 100). Avec cette méthode, la prise d'essai est grande (30 g de terre) et le temps d'agitation avec la solution d'extraction est long (2 fois 4 heures avec entre les 2 un repos de 16 heures). D'autres méthodes qui utilisent des petites prises d'essai (1 à 2 g) et de courtes durées d'agitation sont beaucoup moins précises (résultats non publiés).

Au niveau de l'interprétation agronomique, la précision

obtenue sur l'analyse des diverses caractéristiques est satisfaisante. Les variations observées entre séries d'analyses ne modifient pas le diagnostic que l'on donnerait sur l'aptitude d'un sol à supporter une culture, ni le programme de fertilisation que l'on conseillera. Par contre, si l'on désire comparer les niveaux de fertilité d'une terre, par exemple avant et après une culture, ou différentes parcelles entre elles, il est important de tenir compte de l'erreur d'analyse possible. Dans ce cas, il faudra soit répéter les analyses dans plusieurs séries analytiques, soit les effectuer toutes dans la même série.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient leurs collègues du service de Biométrie IRFA pour leur collaboration. X. PERRIER qui a relu le manuscrit et fait part de ses critiques ; Béatrice THIBAUD qui a effectué les analyses statistiques.

TABLEAU 2 - Moyennes (\bar{x}), minimums, maximums () et paramètres de distribution des variables (1) entre les séries (2) d'analyses (N) sur 2 sols tourbeux.

Provenance	Plantation ASSABA				NIEKY essai IRFA ABY.103			
	N	\bar{x}	σ	$\Delta\%$	N	\bar{x}	σ	$\Delta\%$
Matière organique								
Carbone p. mille	20	381,2 (334-406)	21,8	12	17	337,6 (310-376)	17,2	11
Azote total p. mille	20	17,3 (15,7-18,9)	0,71	8,6	17	16,3 (15,7-17,1)	0,43	5,6
Complexe d'échange								
Ca échangeable mé/100 g	25	39,30 (32,8-45,0)	3,85	20	12	13,25 (11,0-14,4)	1,16	19
Mg échangeable mé/100 g	25	15,00 (11,0-20,0)	1,62	22	12	10,99 (9,5-12,0)	0,71	14
K échangeable mé/100 g	25	5,29 (4,8-6,4)	0,38	15	12	1,03 (0,7-1,3)	0,19	40
CEC mé/100 g	25	131,8 (120-153)	7,8	12	12	106,6 (94-126)	9,3	19
pH	25	4,30 (4,2-4,6)	0,12	5,6	12	3,82 (3,6-4,0)	0,11	6,5
Al échangeable mé/100 g	15	0,41 (0,3-0,6)	0,08	40	12	2,08 (1,8-2,4)	0,24	25
Phosphore								
P assimilable ppm	15	564,7 (489-618)	37,2	14	12	191,7 (174-204)	7,9	9,0

(1) σ = écart-type ; $\Delta\%$ intervalle de confiance d'une analyse à la probabilité 95 p. 100, exprimé en pourcentage de la moyenne : $\Delta\% = \frac{t\sigma}{\bar{x}} \times 100$ (t valeur de la distribution de Student pour N - 1 D.L.)

(2) Les séries d'analyses s'échelonnent sur 3 années pour la référence «ASSABA» et sur 5 années pour la référence «essai ABY-103»

ANNEXE - METHODES ANALYTIQUES UTILISEES AU LABORATOIRE DES SOLS DE L'IRFA - COTE D'IVOIRE

Carbone organique : méthode de ANNE.

Azote total : méthode d'extraction KJELDAHL, dosage de l'ammonium par colorimétrie automatique.

Cations échangeables : extraction par l'acétate d'ammonium 1N à pH = 7,0 ; dosage de Ca, Mg et K par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Capacité d'échange cationique (CEC) : saturation du complexe d'échange par le chlorure de calcium 1N ; déplacement de Ca par le nitrate de potassium 1N ; dosage de Ca par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Aluminium : extraction par le chlorure de potassium 1N ; dosage de Al par colorimétrie automatique.

pH : mesure au pH mètre à électrodes de verre sur pâte de terre saturée d'eau.

Phosphore assimilable : méthode d'extraction DYER ; dosage de P par colorimétrie automatique.

BIBLIOGRAPHIE

- GODEFROY (J.). 1977 a.
Précision des analyses pédologiques.
Fruits, 32 (1), 9-14.
- GODEFROY (J.). 1977 b.
Analyses physiques et chimiques des sols tourbeux.
Fruits, 32 (11), 647-664.
- GODEFROY (J.). 1989.
Etude de l'échantillonnage du sol en bananeraies de Côte d'Ivoire.
Fruits, 44 (11), 579-586.
- GODEFROY (J.). 1990.
Etude de l'échantillonnage du sol en bananeraies de Martinique.
Fruits, 45 (1), 3-7.

PRECISION DE LOS ANALISIS DE TIERRA PARA ALGUNOS SUELOS DE COTE D'IVOIRE.

J. GODEFROY y Thérèse YAO.

Fruits, Jul.-aug. 1990, vol. 45, n° 4, p. 377-380.

RESUMEN - La precisión de los análisis de tierra, a nivel del laboratorio, se estudia sobre algunas muestras llamadas de «referencia» o de «control». Una o dos de estas referencias se analizan, en efecto, sistemáticamente con cada serie de 25 a 30 muestras, a título «de control». Los diferentes resultados se estudian estadísticamente : media, separación-tipo, intervalo de confianza de un análisis expresado en porcentaje de la media.

La precisión o intervalo de confianza puede variar en unos límites bastante amplios según los elementos y el tipo de suelo. La mejor precisión se obtiene generalmente sobre la medida del pH (4 a 6 por 100), luego sobre las dosificaciones de C orgánico, N total y P asimilable «Dyer» (5 a 15 por 100). Para Ca y Mg, el intervalo de confianza es del orden de 13 a 20 por 100 y para K está comprendido entre 15 y 40 por 100 según los suelos.

