

VARIATIONS SPATIALES D'UNE COUVERTURE PEDOLOGIQUE RELATIVEMENT HOMOGENE ET EXPERIMENTATION AGRONOMIQUE EN BASSE COTE D'IVOIRE

R. MOREAU

Pédologue ORSTOM, 70-74 Route d'Aulnay, 93140 Bondy, FRANCE

RESUME

Des variations spatiales des caractères du sol d'ordre décimétrique, métrique et décamétrique existent à l'intérieur d'une même unité d'organisation de la couverture pédologique ferrallitique, sur sables tertiaires en basse Côte d'Ivoire. Selon la superficie qu'elles occupent, les parcelles d'expérimentation peuvent ou non intégrer ces variations spatiales d'origine biologique, sédimentaire ou pédologique.

Il est nécessaire de bien caractériser l'hétérogénéité spatiale du sol et d'en tenir compte pour améliorer l'efficacité des résultats des essais agronomiques, aussi bien sur le plan de la précision et de la signification des résultats que du point de vue économique.

Le choix des parcelles d'essai résulte finalement de plusieurs contraintes à concilier : superficie minimale nécessaire à la bonne conduite de l'expérimentation, surface utile offerte par le terrain, précision attendue des résultats, moyens disponibles.

SUMMARY

SPACE VARIATIONS IN A HOMOGENEOUS SOIL MANTLE

AND AGRONOMIC EXPERIMENTATION IN LOWER IVORY COAST

Under sub-equatorial climatic conditions (2100 mm of annual rainfall) and evergreen forest, the somewhat homogeneous, impoverished, and

highly unsaturated ferrallitic soil mantle on Tertiary sands in lower Ivory Coast (Paleudult) displays some space variations in certain soil features.

These variations are observed at three different levels, namely decimetric and metric levels for the biological variations, and the decametric level for sedimentary and soil variations which involve the content of fine elements.

The selection of experimental plots ultimately results from integrating a number of constraints: the minimum area necessary to conduct the experiment, the useful area provided by the site, the accuracy of the expected results, and the available means.

Using the split plot experiment (Figure 2), the influence of three ploughing depths on the production of cassava seems to be significant only after adjustment to the soil clay content (independent covariable) due to a considerable decrease in the variation coefficient (Table 2). Otherwise, this influence is concealed by the space heterogeneity of the study area.

The analysis of covariance allows a sharper judgement to be made on the effect of a checked factor, but it requires a rather complex device, and numerous samples need to be analysed. In the case of studies where it is necessary to reduce the costs, one is led to take composite samples repeated in time, for which it remains necessary to evaluate the accuracy of the results. This can be done either by analysing, at least once, each of the elementary samplings in one composite sample or by taking a few repeated composite samples at one time. This considerably decreases the number of analyses while keeping some satisfactory values of the standard deviations and of the variation coefficient for the different parameters under consideration (Table 3). However, due to the small number of degrees of freedom, the values of the confidence interval are higher on the results.

The integration of the space heterogeneity into a unit plot is justified, especially in the case of studies concerning soil evolution, only if it concerns insignificant variations which do not lead to the soil dynamics and behaviour being basically different from one another. Otherwise, the result obtained would correspond only to the particular means of different situations without any explicative value for any of them.

Finally, the selection of a site and the creation of trial plots result from several constraints which must be reconciled, namely the adequacy of the area adequate to conduct the experimentation, the usable soil area as related to the space variations, the expected accuracy of the results, and the available means. It is always necessary to have a good knowledge of the

space heterogeneity in order either to dismiss it, to integrate it, or to evaluate the specific effects, if one wants to obtain significant results for the best possible cost.

INTRODUCTION

Différentes études agronomiques et pédologiques réalisées sur le terrain du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé, en Côte d'Ivoire, montrent que même dans une couverture pédologique relativement homogène, telle que celle des sols ferrallitiques sur sables tertiaires en basse Côte d'Ivoire, il existe des variations latérales de certains paramètres du sol, dont il faut tenir compte dans les expérimentations sur parcelle.

LE MILIEU

Le climat est de type subéquatorial à deux saisons pluvieuses : (2100 mm de pluie/an), avec une végétation naturelle de forêt sempervirente.

Sur le plan géomorphologique, les sables tertiaires constituent un bas plateau découpé de vallées mortes relativement encaissées, se raccordant à la zone lagunaire proche vers le sud. Ces vallées sont séparées par des étendues pouvant atteindre plusieurs kilomètres, offrant une surface très mollement ondulée où les pentes n'excèdent pas 1 à 3%. Sur ces vastes zones, le sol est exclusivement de type ferrallitique très désaturé appauvri, sableux en surface et s'enrichissant en argile avec la profondeur (Tableau 1). Il s'agit d'un Paleudult selon la classification américaine.

TABLEAU 1 - SOL FERRALLITIQUE TRES DESATURE APPAUVRI, (ADIOPODOUME)
Ferralitic soil (paleudult) at Adiopodoumé

Profondeur Sept	Argile Clay (%)	C total (%)	C total (%)	CFC pH7 (me/100g)	S (me/100g)	S/T (%)	pH H ₂ O
0-10 cm :	8.0	10.7	0.89	5.40	0.90	18.0	4.5
10-20 cm :	8.0	6.9	0.53	4.75	0.40	8.0	4.7
20-30 cm :	10.0	5.7	0.46	4.25	0.30	8.0	4.7
30-50 cm :	11.0	4.8	0.39	3.85	60.30	8.0	4.9
30-70 cm :	20.0	5.0	0.38	5.00	60.30	5.0	4.6

LES VARIATIONS PEDOLOGIQUES

L'étude plus détaillée du sol, au niveau de ses horizons, révèle l'existence de variations latérales pour certains caractères, qui peuvent être schématiquement considérées à trois niveaux d'échelle, sous végétation forestière.

- A l'échelle décimétrique (figure 1) : poches irrégulières contenant de la terre avec des caractères de texture et de richesse en matière organique différents de ceux de l'horizon environnant. Il s'agit de remplissage de cavités d'origine biologique : racines après décomposition, faune... Ces poches se situent surtout au-dessous de 80 cm.
- A l'échelle métrique : on observe une variation relative inverse de l'épaisseur des horizons A_2 et B_1 , en liaison avec la profondeur de pénétration de la matière organique ; l'horizon de transition B_1 pouvant dans certains cas disparaître au profit de A_2 ou A_3 (profils figure 1). Des remaniements superficiels, à la suite de chablis, basculement des souches... peuvent être pour une bonne part à l'origine de ces différenciations.

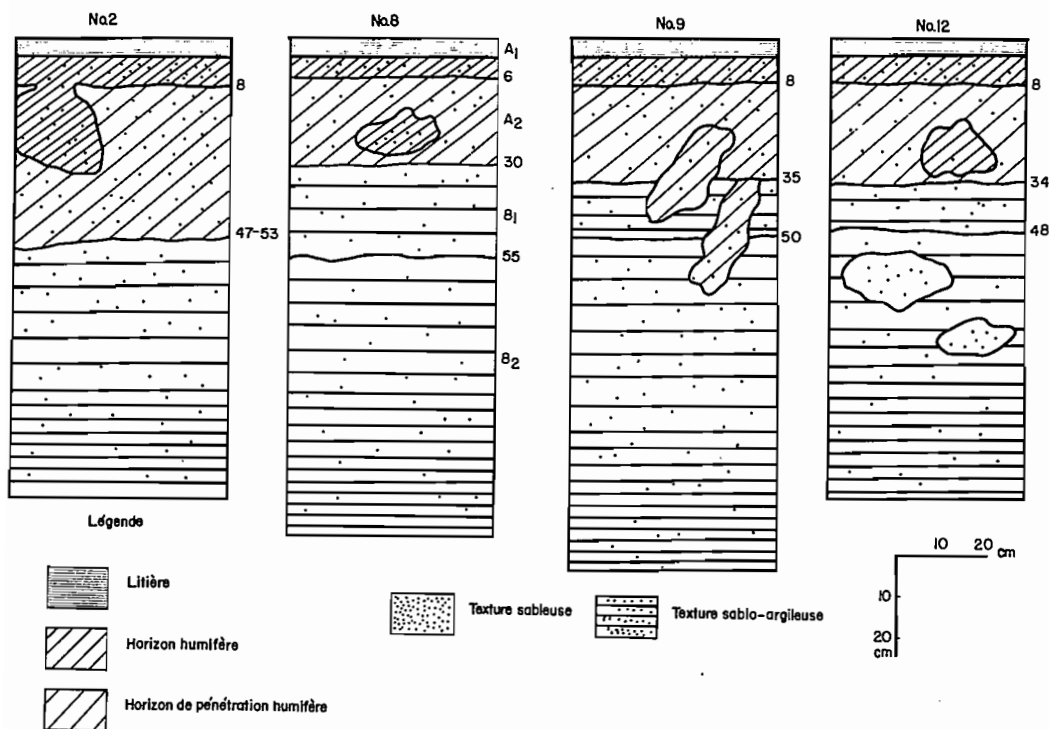


Figure 1. Profils de sol sous forêt à adiopodoume (d'après E.A. AKODO, 1977)

- A l'échelle décimétrique : la variation précédente peut aussi se manifester à cette échelle, mais il s'agit surtout ici d'une variation latérale de la teneur en éléments fins, en profondeur. Dans les profils, l'enrichissement vers le bas apparaît plus ou moins progressif et important, avec des écarts pouvant atteindre et dépasser 10% d'argile d'un endroit à l'autre, au niveau des horizons B. Des résultats tirés d'un essai agronomique réalisé à Adiopodoumé (Bonzon et De Boissezon, 1986) sur une parcelle de 94x42 m, permettent d'établir une carte de variation spatiale de la teneur en argile + limon fins (0-20 μ) de 0 à 60 cm, dans ce type de sol (figure 2). On y observe des courbes d'isovaleur réparties entre deux pôles minimum et maximum, passant de 13 à 23% sur une distance de 20 à 30 m, avec un gradient latéral assez régulier de 0,2 à 0,4% par mètre.

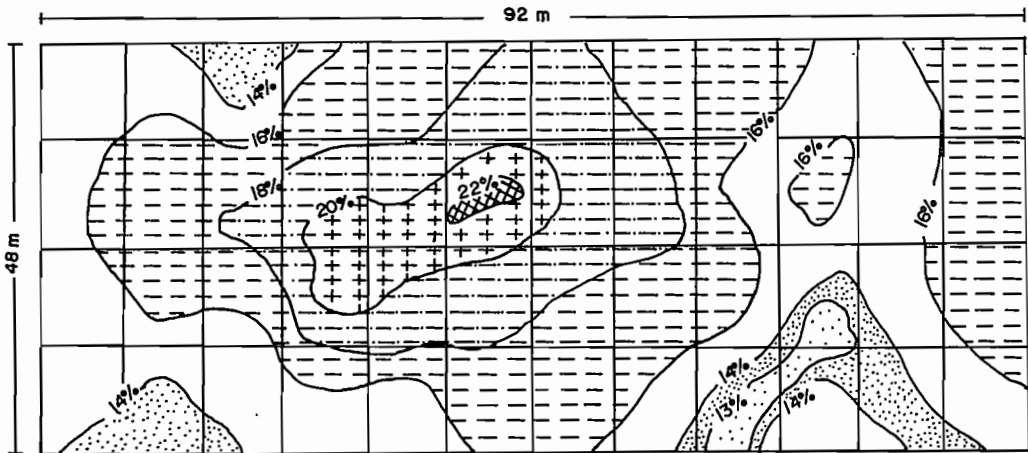


Figure 2. Teneurs moyennes en argile + limons (0-20 μ) du sol, de 0 à 60 cm de profondeur, adiopodoume (d'après Bonzon et de Boissezon, 1986)

La mise en culture a pour effet de supprimer ou d'atténuer les variations d'ordre décimétrique et métrique essentiellement d'origine biologique, bien que certaines pratiques culturales puissent en faire apparaître de nouvelles. Par contre, elle restera sans effet sur la variabilité texturale d'ordre décimétrique d'origine sédimentaire et pédogénétique.

HETEROGENEITE SPATIALE ET EXPERIMENTATION AU CHAMP

S'agissant d'expérimentation au champ il est nécessaire de savoir si la variation spatiale des caractères du sol peut ou non être intégrée dans une unité de surface donnée, laquelle se trouve généralement déterminée par le type d'expérimentation entreprise. Dans le cas du sol d'Adiopodoumé, on peut par exemple dire que des parcelles de plusieurs dizaines à quelques centaines de mètres intègrent l'essentiel des variations résultant de l'influence des êtres vivants, mais qu'il faut des parcelles de l'ordre du millier de m^2 pour intégrer la variation de teneur en éléments fins (figure 3).

Maille d'hétérogénéité:
Heterogeneity mesh

Superficie des parcelles:
Plot area:

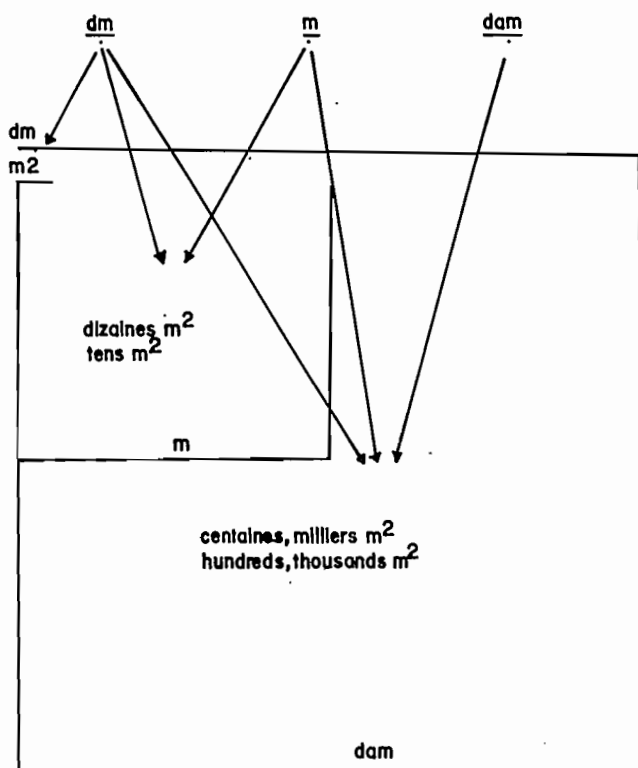


Figure 3. Schéma théorique des possibilités d'intégration de la variabilité spatiale dans les parcelles d'expérimentation

L'expérimentation dont il a été question plus haut est un essai multi-factoriel portant sur l'influence de trois profondeurs de labour (20, 30, 40 cm) et de l'apport de 4 doses de fumier (0, 30, 60, 90 t/ha) sur l'évolution des caractères du sol et sur la production de manioc. Il s'agissait d'un essai en 4 blocs, subdivisés en parcelles et sous-parcelles (split-plot) : au total 48 sous-parcelles (7,7x12

m), permettant une analyse statistique approfondie des résultats : (analyse de variance et covariance, modélisation de l'évolution du stock organique...). Les résultats de cet essai sont développés par ailleurs. On retiendra surtout ici que l'effet bénéfique de la profondeur du labour n'apparaît significatif qu'après ajustement sur certaines covariables indépendantes, et principalement sur la teneur en argile du sol ; cela en raison d'une diminution importante du coefficient de variation (Tableau 2). En d'autres termes, la production de manioc augmenterait avec l'épaisseur de la couche travaillée, mais cet effet se trouve masqué par l'hétérogénéité texturale du champ d'essai.

TABLEAU 2 - EFFET PROFONDEUR DU LABOUR (ADIOPODOUME)
Effect of ploughing depth (Adiopodoumé)

Variable	Covariable	Hoyenne générale Global mean	Hoyennes blocs Blocks means	Fb effet blocs Blocks effect	Hoyennes prof. lab. Means plough.dep.	Fp Effet prof. lab. Effect plough.dep.	Ecarts résiduels Residual deviation	Coef. de variation Variation coef.
Poids manioc par plante (kg)	-	4.050	B ₁ :4.230	0.61	P ₁ :3.864	0.58	1.038	25.6%
			B ₂ :3.731		P ₂ 4.028			
			B ₃ :4.219	NS	P ₃ :4.257	NS		
			B ₄ :4.020					
Height of Cassava per plant	Argile Clay	4.050	B ₁ :4.187	3.26	P ₁ :3.628	14.60	0.483	11.9%
			B ₂ :4.336		P ₂ :3.980			
			B ₃ :3.814	NS	P ₃ :4.543	SS		
			B ₄ :3.864					

(d'après Bonzon, De Boissezon, 1986)

L'analyse de covariance qui permet d'affiner le jugement sur l'effet du facteur contrôlé n'est possible qu'avec la mise en place d'un dispositif complexe et l'analyse d'un nombre important d'échantillons : dans ce cas, avec quatre profondeurs cela représente 192 échantillons. Dans la mesure où les analyses complètes de sol n'ont été réalisées qu'en début et en fin de cycle (17 mois), cela reste encore dans le domaine du possible.

Pour d'autres cas, par exemple celui de l'évolution des sols cultivés, où l'on souhaite étudier des processus de transformation d'état et de propriétés du sol et, si l'on veut, disposer de résultats à intervalles rapprochés, pendant une période de longue durée, il est nécessaire de chercher à limiter le nombre d'échantillons à analyser. On est alors conduit à réaliser des échantillons composites sur une surface qui pourra intégrer les variations spatiales mineures du sol pour un secteur topographique considéré.

Il reste cependant nécessaire d'estimer la précision des mesures obtenues sur échantillon composite, si l'on veut savoir quelle signification accorder à une différence entre deux résultats comparatifs.

Cela peut se faire de deux façons.

1. Soit en analysant au moins une fois chacune des prises élémentaires d'un échantillon composite, ce qui servira également, s'il en est besoin, à ajuster le nombre de prises nécessaires pour obtenir une précision souhaitée des mesures sur la parcelle considérée. Ce travail nécessite un assez grand nombre d'échantillons à étudier. Etant accompli pour une parcelle donnée, on peut considérer qu'il n'est pas nécessaire de le refaire pour d'autres qui seraient situées sur la même unité d'organisation de la couverture pédologique, à condition d'être assuré que la variabilité spatiale des caractères du sol y reste de même importance.
2. Soit avec un nombre réduit de répétitions d'échantillons composites, à condition d'avoir déjà une assez bonne idée du nombre de prises nécessaire pour assurer une bonne représentativité de la parcelle étudiée (cf. cas précédent). On diminue ainsi considérablement le nombre d'analyses à faire pour aboutir à des valeurs du coefficient de variation comparable à celles obtenues par l'analyse des prises séparées. Mais avec un faible degré de liberté, on est conduit, sur le plan statistique, à une surestimation des marges de sécurité, si l'on applique les normes usuelles d'évaluation des niveaux de confiance.

Toujours pour le sol d'Adiopodoumé, on trouvera par exemple au tableau 3 les résultats d'analyse de quatre échantillons composites, de trente prises élémentaires chacun, portant sur le carbone total et sur la teneur en argile, pour une parcelle de 1470 m voisine de l'essai précédent. Avec quatre répétitions d'échantillon composite, on obtient des coefficients de variation très bons pour le carbone total et encore bons par l'argile. Mais avec seulement trois degrés de liberté, on sera conduit à une estimation plus élevée de l'intervalle de confiance et de la plus petite différence significative entre deux résultats.

TABEAU 3 - QUATRE REPETITIONS D'ECHANTILLON COMPOSITE
Four repeated composite samples
 30 Prises élémentaires sur 1470m² (Adiopodoumé)
 30 Elementary sampling over 1470m² (Adiopodoumé)

Profondeur Depth	Répétitions Repeated samples				Moyenne Mean \bar{x}	Ecart type Standard deviation s	Coef. var. Var. coef. C.V/%
	A	B	C	D			
	Carbone total, total carbon %						
0-10cm	12.8	12.2	13.5	13.7	13.0	0.69	3
10-20cm	9.5	9.4	9.3	10.6	9.8	0.59	6
20-30cm	6.4	6.8	6.3	6.5	6.5	0.19	2.9
30-50cm	5.1	5.0	5.0	4.9	5.0	0.08	1.6
50-70cm	4.4	4.6	4.3	4.5	4.4	0.15	3.4
	Argile, clay %						
0-10cm	7.5	6.0	7.5	6.5	6.9	0.75	10.7
10-20cm	8.5	7.0	8.5	8.0	8.0	0.71	8.8
20-30cm	9.0	9.3	10.0	7.5	9.0	1.08	12.6
30-50cm	11.0	8.5	11.0	8.5	9.8	1.44	14.7
50-70cm	12.5	12.0	13.5	10.5	12.3	1.25	11.1

Soulignons le fait que l'intégration de l'hétérogénéité spatiale dans une parcelle unitaire de surface appropriée n'est justifiée, particulièrement dans le cas des études d'évolution du sol, que si cette hétérogénéité ne concerne que des variations mineures, n'impliquant pas de contraintes dans le sol entraînant des processus de fonctionnement ou de comportement fondamentalement différents les uns des autres. Faute de quoi, les résultats obtenus dans de telles conditions ne correspondraient qu'à des moyennes de situations dissemblables, voire même opposées, et sans valeur explicative pour aucune d'entre elles.

En fait, il est rare que les caractéristiques physiques et chimiques des échantillons de sol prélevés dans les différentes parcelles d'un champ d'essai puissent être considérées comme appartenant à une population normale. Par contre, dans le cas des essais en blocs complets randomisés, l'élimination de l'effet des traitements, et en particulier de l'hétérogénéité entre les blocs, fait que les tests de normalité, réalisés sur les résidus d'ajustement de l'analyse de la variance, sont généralement significatifs. Dès lors, il est possible d'étudier la covariance et d'éliminer soit l'influence de l'hétérogénéité initiale sur la caractéristique ajustée, soit l'influence de l'hétérogénéité sur d'autres caractéristiques qui sont liées à la caractéristique étudiée.

CONCLUSION

Finalement le choix d'un site et l'établissement de parcelles d'étude résultent de plusieurs contraintes à concilier :

1. Une superficie suffisante pour la réalisation pratique de l'expérimentation : façon culturale, évaluation des rendements, étendue nécessaire à l'exécution répétée de plusieurs séries de prélèvements pendant un temps déterminé (sans revenir au même endroit).
2. La surface utile effective offerte par les variations spatiales, si l'on veut travailler sur un secteur de sol pouvant être considéré comme homogène sur la plan de ses caractères, fonctions et propriétés. Il peut être aussi nécessaire d'adapter la forme des parcelles à la configuration de l'organisation spatiale du sol, ceci en compatibilité avec les conditions d'exécution de l'expérimentation.
3. La précision attendue sur les résultats, dépendante de la variabilité naturelle du sol, et dont l'amélioration nécessite d'accroître le nombre de prélèvements, donc de surface à échantillonner (cas d'une étude suivie), et aussi des moyens.
4. Enfin, les moyens disponibles pour l'exécution de l'opération et qui ne sont malheureusement pas sans limite.

Il convient donc d'arriver à un compromis entre ces différentes nécessités, la question étant de savoir dans quelles limites demeurer pour conserver aux résultats obtenus une valeur significative acceptable.

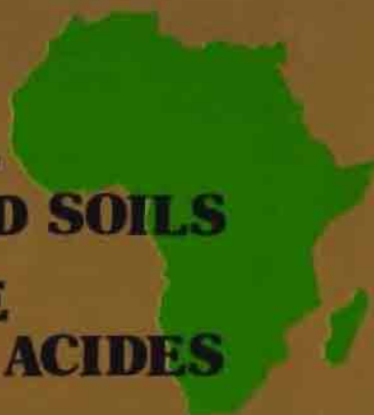
Quand elle existe, et sauf si elle fait elle-même l'objet d'une expérimentation particulière, dans le cas d'une étude de relations sol-plante par exemple, l'hétérogénéité spatiale constitue un inconvénient pour la conduite d'expérimentation avec des dispositifs simples. De toute façon, il est toujours nécessaire de la bien connaître afin de composer avec elle, soit pour l'écartier, l'intégrer ou en évaluer les effets spécifiques, si l'on souhaite obtenir des résultats significatifs au meilleur coût possible.

BIBLIOGRAPHIE

- AKODO, E.A. 1977. Etude de l'évolution biochimique des sols ferrallitiques forestiers de basse Côte d'Ivoire, sous l'effet du défrichement. ORSTOM, Adiopodoumé. multigr. 80p.
- BONZON, B. et DE BOISSEZON, P. 1986. Effet de l'apport de fumier sur les caractéristiques chimiques d'un sol ferrallitique ivoirien. Cah. ORSTOM, sér. Pédol. (à paraître).
- MOREAU, U. 1983. Evolution des sols sous différents modes de mise en culture, en Côte d'Ivoire forestière et préforestière. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XX, n° 4, 1983, pp.311-325.

LAND DEVELOPMENT- MANAGEMENT OF ACID SOILS

DEFRICHEMENT-MISE EN VALEUR DES SOLS ACIDES



BARUMBI, KANG
- CAMEROON

IBSRAM PROCEEDINGS
ISBN 974-87467-5-5 **No. 4**

IBSRAM



CRSTOM

**PROCEEDINGS OF THE
FIRST REGIONAL SEMINAR ON
LATERITIC SOILS MATERIALS, AND DRES**

**JANUARY 21-27, 1986
SOUALA, CAMEROON**

**PREMIER SEMINAIRE REGIONAL SUR
LES LATERITES, SOLS, MATERIAUX ET MINERAIS**

**JANVIER 21-27, 1986
SOUALA, CAMEROON**

**PROCEEDINGS OF THE IBSRAM SESSION ON
LAND DEVELOPMENT AND MANAGEMENT OF ACID SOILS IN AFRICA**

**COMPTE RENDU DE LA SESSION IBSRAM SUR LES
DEVELOPPEMENTS ET MISE EN VALEUR DES SOLS ACIDES EN AFRIQUE**

**EDITED BY
M. LATHAM**

IBSRAM

**INTERNATIONAL BOARD FOR SOIL RESEARCH AND MANAGEMENT
PO BOX 9-109 BANGKOK 10900, THAILAND, 1987**

The seminar was organized by

LE MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (**MESRES**)

L'INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN
COOPERATION (**ORSTOM**)

INTERNATIONAL BOARD FOR SOIL RESEARCH
AND MANAGEMENT Inc. (**IBSRAM**)

Co-sponsored by

BUNDESMINISTERIUM FUR
WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT (**BMZ**)
FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY

Correct citation: International Board for Soil Research and Management Inc. (IBSRAM), 1987, Land Development and Management of Acid Soils in Africa, Proceedings of the IBSRAM session of the first regional seminar on Lateritic Soils, Materials and Ores, Douala, Cameroon, January 21-27, 1986. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without written permission of IBSRAM.

ISBN 974-87467-5-5

Printed in Thailand