

## ARTICLES ORIGINAUX

## OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

## ORIGINAL ARTICLES

## ARTICULOS ORIGINALES

## Influence des pratiques agricoles sur la teneur en argile et autres propriétés agronomiques d'un sol ferrallitique au sud Cameroun

M. Yemefack<sup>1\*</sup>, L. Nounamo<sup>1</sup>, Rosaline Njomgang<sup>1</sup> & P. Bilong<sup>2</sup>

Keywords: Oxisol- Clay content- Shifting cultivation- Forest zone- Natural fallow

### Résumé

*La teneur en argile, ainsi que l'influence de sa variation sur d'autres caractéristiques agro-pédologiques d'un sol ferrallitique a été mesurée le long d'une chronoséquence d'agriculture itinérante sur brûlis au sud Cameroun. La chronoséquence comprenait deux traitements sous cultures vivrières mixtes, trois sous jachères de différents âges, un sous vieille cacaoyère et sous la forêt vierge prise comme témoin. Une approche synchronique analysant au même instant les jachères de différents âges a été combinée aux observations diachroniques sur des parcelles sous cultures vivrières mixtes. Trois couches de sol (0-0,1; 0,1-0,2 et 0,3-0,5 m) ont été utilisées dans l'étude. L'analyse de la variance et la séparation des moyennes des traitements (Tukey's HSD) ont été utilisées pour évaluer l'évolution du taux d'argile le long de la chronoséquence. L'analyse de régression multilinéaire a permis de mettre en évidence les relations entre ces taux d'argile et les autres propriétés du sol. Par rapport à la forêt vierge, le taux d'argile diminuait respectivement de 40%, 20% et 12% sur les trois couches de sol après trois à quatre cycles d'alternance cultures-jachères, et par rapport à la jachère originelle précédant les cultures, de 20%, 10% et 4% après trois ans sous cultures vivrières. Au cours de la jachère, ce taux d'argile tendait à l'augmentation, mais n'atteignait plus les valeurs obtenues en forêt vierge quelque soit la durée de la jachère. Des phénomènes d'érosion en nappe sur sol nu en début de campagne et de lessivage durant la période de culture seraient à l'origine de cette perte en particules fines du sol, et mériteraient des investigations plus approfondies. Ces phénomènes seraient eux-mêmes facilités par la solubilisation des silicates et oxyhydroxydes argileux sous l'effet de l'élévation du pH par les cendres issues du brûlis. Les conséquences telles que résultant des corrélations hautement significatives ( $p=0,000$ ) avec les autres propriétés, sont: l'augmentation irréversible de la densité apparente, la dégradation de la stabilité structurale, la diminution de la porosité et la perte du pouvoir absorbant du sol.*

### Summary

#### Effects of Agricultural Land Use Practices on Clay Content and Related Agronomic Properties of an Oxisol in Southern Cameroon

*Clay particle distribution of an oxisol was measured along a chronosequence of shifting cultivation systems in Southern Cameroon. The influence of clay content variation on other soil characteristics was also evaluated. The chronosequence was made up of two treatments derived from mixed cropping system, three from fallows of different durations, one old cocoa plantation, and virgin forest used as control. A synchronic approach that analyses simultaneously in space crop fields and fallow of various durations was combined to diachronic observations on food crop plots. Three soil depths (0-0.1, 0.1-0.2, 0.3-0.5 m) were used for the study. The analysis of variance and mean separation (Tukey's HSD) were used to evaluate changes in clay content. Multilinear regression analyses allowed to evaluate relationships between clay content and other soil properties. Compared to virgin forest, clay content decreased considerably by 40%, 20% and 12% respectively in the three layers after three to four cycles of cropping and fallowing, and by 20%, 10% and 4% in the cropping period when compared to the preceding fallow. During the fallow period, clay content tended to increase, but remained lower than the value obtained under the virgin forest, even with longer fallow duration. Leaching and sheet erosion due to heavy rainfall on bare soil at the beginning of the cropping season may be responsible for this situation, and need future investigation. This process itself is probably facilitated by a solubilisation of clay silicate and oxyhydroxide particles due to pH increase by burned vegetation biomass. The consequences of the losses of soil fine particles as deduced from highly significant correlations ( $p=0.000$ ) with other soil properties, are: the irreversible increase in bulk density, the degradation of the structural stability of soil aggregates, the decrease of soil porosity, and the loss of soil absorption power.*

<sup>1</sup> Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) Nkolbisson, B.P. 2067 Yaoundé, Cameroun.

\* Adresse pour correspondance: C/o ITC, P.O. Box 6, 7500AA Enschede, Pays-Bas.

Tel: +31 53 487 4444; Fax: +31 53 487 4336. E-mail: myemefack@hotmail.com & yemefack@itc.nl

<sup>2</sup> Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, B.P. 812 Yaoundé, Cameroun.

Reçu le 14.02.03. et accepté pour publication le 18.09.03.

## Introduction

En zone forestière tropicale, après défrichement et mise en culture d'une portion de terrain, on constate un épuisement rapide du sol. Au bout de 2 à 3 ans sous cultures, la parcelle est abandonnée en friche pour une période de jachère allant de 3 à plus de 15 ans. De nombreuses études ont montré que cet épuisement du sol était dû à l'élimination rapide par lessivage et érosion des éléments nutritifs, spécialement ceux qui ont été apportés par le brûlis (19, 20, 28, 32). Des essais visant à prolonger la période de culture par un apport adéquat d'engrais minéraux n'ont pas pu étendre cette période au-delà de cinq campagnes de cultures (23, 30). Ceci fait penser que le départ des éléments nutritifs n'est pas seul responsable de cette dégradation du sol. D'importantes modifications des propriétés physiques du sol provoqueraient également des symptômes d'asphyxie au niveau des racines des plantes cultivées (16, 32). Dans la perspective d'amélioration de cette pratique d'agriculture itinérante sur brûlis, le développement des technologies alternatives et l'apport supplémentaire des engrais doivent être basés sur une bonne compréhension des transformations qui se produisent dans ces systèmes traditionnels d'agriculture. Ceci ne peut se faire que par l'étude des changements qui s'opèrent au cours du cycle de cultures et au cours de la jachère naturelle subséquente.

Au sud Cameroun, dominant des sols ferrallitiques argileux, caractérisés par une fraction granulométrique fine ( $< 2 \mu\text{m}$ ) riche en produits de néoformation tels que la kaolinite, les oxydes et hydroxydes de fer, les hydroxydes d'aluminium (2, 18, 33). Tout comme la matière organique, la réserve minérale et bon nombre de propriétés physiques de ces sols sont directement subordonnées à la quantité de cette fraction fine. En conséquence, les variations de la teneur en argile peuvent

induire d'importantes modifications de ces propriétés du sol et la capacité de celui-ci à retenir les nutriments. Une étude exploratoire a donc été conduite dans le site du Programme Tropenbos Cameroun dans le but d'évaluer la dynamique de la teneur argileuse du sol sous cultures et sous la jachère naturelle; et de mesurer l'influence des variations de cette teneur argileuse sur certaines caractéristiques agro-pédologiques d'un sol ferrallitique argileux jaune.

## Matériel et méthodes

### Le site d'étude

L'étude a été conduite dans la partie est du site du Programme Tropenbos Cameroun situé entre  $2^{\circ} 47' - 3^{\circ} 14'$  de latitude nord et  $10^{\circ} 24' - 10^{\circ} 51'$  de longitude est. Les altitudes varient entre 500-900 m et donnent au paysage un aspect ondulé. Le climat est du type équatorial de moyenne altitude (13) caractérisé par deux saisons de pluies (mars à juin et septembre à novembre) et deux saisons sèches. La moyenne annuelle des précipitations est de 1800 mm et celle des températures de  $24^{\circ}\text{C}$ . La végétation est de type forêt dense sempervirente (15). Les sols sont dérivés des roches appartenant au complexe de base calco-magnésien (Complexe du Ntem), à gneiss leuco-mésocrates et granites anciens à pyroxènes (3, 4). Les quatre-vingt-cinq pour cent de la superficie de la zone d'étude sont constitués de sols ferrallitiques moyennement à fortement désaturés, argileux (5) ou Clayey, Kaolinitic, Typic Kandiodox (24). La fraction fine ( $< 2 \mu\text{m}$ ) de ces sols est généralement dominée par la kaolinite et les oxyhydroxydes de fer et d'aluminium (2, 18, 33). Ils sont caractérisés par une CEC faible et une faible réserve en nutriments (22). Les caractéristiques typiques de ces sols sous forêt vierge sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1

Caractéristiques des horizons superficiels des sols ferrallitiques argileux sous forêt vierge au sud Cameroun

| Hor. (cm)      | pH eau | CO (%) | C/N | P. disp (ppm) | Som. bases | Acid. total | CEC  | CECE | Sat. Al (%) | Da g/cm <sup>3</sup> | Argile Limon Sable |    |    |
|----------------|--------|--------|-----|---------------|------------|-------------|------|------|-------------|----------------------|--------------------|----|----|
|                |        |        |     |               |            |             |      |      |             |                      | %                  |    |    |
| Ah (0-3/5)     | 4.4    | 6.3    | 16  | 7             | 3.5        | 5.5         | 19.5 | 9.0  | 25          | 0.89                 | 45                 | 16 | 39 |
| BA (3/5-10/12) | 4.2    | 2.5    | 14  | 3             | 1.1        | 6.6         | 10.3 | 7.7  | 58          | 1.01                 | 48                 | 12 | 40 |
| Bt (10-30/35)  | 4.3    | 1.2    | 11  | 1             | 1.3        | 6.0         | 9.2  | 7.3  | 60          | 1.19                 | 56                 | 12 | 33 |
| Btc (30/35-75) | 4.4    | 0.8    | 8   | 1             | 0.7        | 5.6         | 8.5  | 6.2  | 54          | 1.25                 | 53                 | 15 | 32 |

CO= Carbone organique; P. disp.= Phosphore disponible (Bray II); Som. bases= Somme des bases; CEC= Capacité d'Echange Cationique; CECE= Capacité d'Echange Cationique Effective; Acid. total= Acidité Totale; Sat. Al= Saturation en Al; Da= Densité apparente.

La cacaoculture pérenne et l'agriculture itinérante sur brûlis sont les principaux systèmes d'utilisation traditionnelle des terres dans le site. Selon les descriptions faites par Nounamo & Yemefack (17), ces systèmes d'exploitation agricole peuvent être représentés dans le temps par un certain nombre de cycles d'alternance Forêt-Cultures-Jachères naturelles dont les plus importants sont les suivants:

- (i) Forêt vierge (FV)–Cultures mixtes (CC)–Cacaoyères (CA)
- (ii) Forêt vierge–Cultures mixtes–Jachère à *Chromolaena* (JC)
- (iii) Jachère Forestière (JF)–Cultures mixtes–Jachère à *Chromolaena* ou Arbustive
- (iv) Jachère Arbustive (JA)–Cultures mixtes–Jachère à *Chromolaena* ou Arbustive
- (v) Jachère à *Chromolaena* (JC)–Cultures mixtes–Jachère à *Chromolaena*

Les deux derniers cycles, actuellement les plus utilisés par les paysans, sont caractérisés par des périodes de jachère relativement courtes (3-5 ans pour le cycle à JC et 7-9 ans pour le cycle à JA). Ceci implique une relative utilisation intensive du sol dont les effets peuvent entraîner des conséquences plus ou moins importantes sur certaines caractéristiques physico-chimiques des sols.

### Choix des parcelles et dispositif expérimental

L'étude était une recherche exploratoire conduite dans trois des quatre villages pilotes du Programme Tropenbos Cameroun (Nyangong, Ebom et Mvie). Les différents types de couvert végétal utilisés sont résumés dans le tableau 2. Ces traitements étaient répétés trois fois dans chaque village.

Trois conditions essentielles ont été utilisées dans le choix des parcelles expérimentales:

- *Le type de sol.* La parcelle devait être sur un sol ferrallitique désaturé, argileux à partir des couches superficielles.
- *La position topographique.* Seules les parcelles installées sur les unités de basses terres légèrement ondulées (pente entre 5 et 10%) telles que définies par Van Gemerden et Hazeu (29) étaient prises en considération.
- *La couverture végétale.* Les types de jachère naturelle paysanne identifiés par Nounamo et Yemefack (17) et décrites dans le tableau 2, ainsi que le type de mise en valeur de la parcelle étaient prises en considération. L'historique de l'utilisation de ces parcelles était aussi prise en compte.

Tableau 2

#### Caractéristiques des différents types de couvert végétal utilisé en agriculture traditionnelle dans la zone

| Phase                                     | Traitements<br>(nom local)                                    | Durée (an) par |       | Type de Végétation<br>/Type de spéculation  | Superf. moy.<br>parcelles (ha) | Nbre (n)<br>parcelles |
|---|---|----------------|-------|---|--------------------------------|-----------------------|
|   |   | phase          | cycle |   |                                |                       |
| C<br>U<br>L<br>T.                         | CCs ( <i>Afub wondo</i> )<br>(Cultures mixtes, début période) | 0,3            | 0,3   | Arachide, maïs, manioc, macabo  | 0,5                            | 9+9                   |
| T.  | CCf<br>(Cultures mixtes, fin période)                         | 2-2,5          | 2-3   | Derniers maniocs sous envahissement de l'herbe <i>Chromolaena odorata</i>                         | 0,5                            | idem que CCs          |
| J<br>A<br>C<br>H<br>E<br>R<br>E           | JC (Jachère à <i>Chromolaena</i> )                            | 3-5            | 5-8   | Végétation d'herbes dominée par <i>Chromolaena odorata</i>  | 0,5                            | 9                     |
|   | JA (Jachère Arbustive)  | 7-9            | 10-12 | Végétation arborée d'espèces pionnières et de jeunes arbres forestiers                            | 1                              | 9                     |
|   | JF (Jachère Forestière)                                       | 12-15          | 15-20 | Végétation d'arbres de forêts secondaires avec gros tronc et une canopée                          | 2                              | 9                     |
| P<br>E<br>R<br>E<br>N.                    | CA (Cacaoyères)   | >20            | >20   | Cacaoyers, fruitiers divers, et une végétation d'arbres forestiers à canopée plus ou moins fermée | 2-10                           | 9                     |
|   | FV (Forêt Vierge)   | Ind.           | Ind.  | Espèces de forêt tropical humide  | nd.                            | 9                     |
| Nombre total de parcelles échantillonnées |   |                |       |   |                                | 63                    |

- Noms scientifiques des spéculations: Arachide (*Arachis hypogaea*), maïs (*Zea mays*), manioc (*Manihot esculenta*), macabo (*Xanthosoma pubescens*), cocoa (*Theobroma cacao*).

- Légende: CULT.= Phase de cultures; JACHERE= Phase de la jachère; PEREN.= Phase pérenne; Superf. moy.= Superficie moyenne des parcelles; Ind.= Indéterminé.

- NB: Le début de la phase de cultures mixtes CC se situe entre le défrichement et le brûlis (environ trois mois avant le prélèvement d'échantillons CCs); le début des jachères se situe à la fin de la phase de culture et correspond au prélèvement d'échantillons CCf.

## Echantillonnage et analyse de sol

L'échantillonnage s'est fait en milieu paysan sur six types de parcelles: les quatre types de jachères naturelles paysannes (JC, JA, JF, FV), les cacaoyères (CA) de plus de vingt ans d'âge, et les champs de cultures vivrières mixtes (*Afoub wondo*) arachide-maïs-manioc (CC). Ces types de champs d'*Afoub wondo* sont généralement mis en valeur lorsqu'on défriche les jeunes jachères du type JC et JA. Les cycles cultures-jachères sont reconnus pour avoir une influence significative sur la dynamique des propriétés des couches superficielles du sol en fonction de l'âge de la jachère (21, 34); mais les changements qui surviennent au cours de ces cycles sont souvent si lents qu'il apparaît pour le moment difficile de les suivre uniquement en mode diachrone sur une parcelle d'expérimentation. Une approche synchronique abordant simultanément dans l'espace les jachères de différents âges a été combinée aux observations diachroniques sur des parcelles en début et en fin de la période de cultures vivrières. Les échantillons composites de terre ont été prélevés à l'aide de la tarière Edelman, en neuf points situés sur les diagonales dans chaque parcelle et sur trois couches de sol (0-0,1; 0,1-0,2 et 0,3-0,5 m). Les sols sous jachères naturelles et ceux sous cacaoyères (CA) ont été prélevés une seule fois en 1997, alors que les champs d'*Afoub wondo* (CC) ont été prélevés deux fois. Le premier prélèvement (CCs) a été effectué en première campagne 1996 trois semaines après le semis, et le deuxième prélèvement (CCf) en fin du cycle de cultures deux ans et demi plus tard. Ces échantillons de sol ont été analysés au laboratoire des sols et des plantes du Centre IRAD de Nkolbisson pour les déterminations suivantes: la capacité d'échange cationique (extraction avec 1M de  $\text{NH}_4\text{AC}$  à pH 7), le carbone organique (méthode de Walkey & Black), la granulométrie (méthode de la pipette de Robinson), la densité apparente (prélèvement au cylindre), la stabilité des agrégats à l'aide de la méthode de «water-drop-impact» (11), et l'indice de stabilité structurale calculé en divisant par 250 le nombre de gouttes d'eau qui détruisent complètement l'agrégat. Le chiffre 250 est ici pris en compte selon la méthode de «water-drop-impact» comme la limite à laquelle l'agrégat est considéré comme stable.

## Analyses statistiques

L'analyse de variance (ANOVA), la séparation de moyennes des traitements (méthode Tukey's HSD) et les comparaisons multiples ont été utilisées pour évaluer l'évolution de la teneur en argile granulométrique le long de la chronoséquence. L'analyse de régression multilinéaire (stepwise regressions) a été utilisée pour évaluer les relations entre ces teneurs en argile et les autres propriétés agronomiques du sol. Pour tous les calculs, le logiciel Systat (26) a été mis à contribution.

## Résultats et discussion

La figure 1 montre la tendance générale de l'évolution de la teneur en argile depuis la mise en culture jusqu'à la jachère de différentes durées, et dans les vieilles

cacaoyères par rapport à la forêt vierge. Bien que de nombreuses études sur l'influence des pratiques agricoles sur les propriétés des sols tropicaux (14, 25) n'aient souvent pas dévoilé un important changement des particules fines du sol, cette figure fait apparaître clairement la distinction entre la phase de culture et la période de jachères.

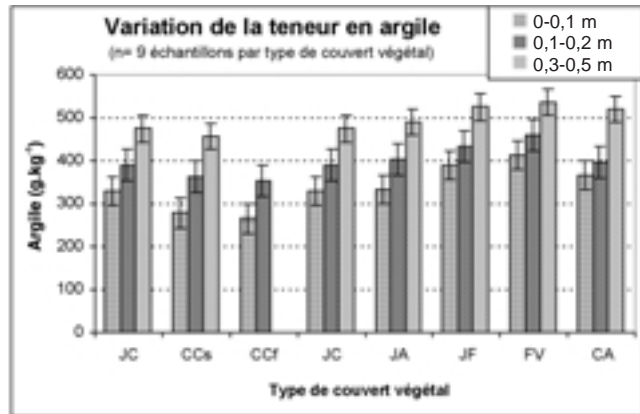


Figure 1: Tendence générale d'évolution du taux d'argile sous différents traitements.

## Changement de la teneur en argile au cours de la période de culture

Les résultats de l'étude diachronique effectuée sur les parcelles de JC et JA défrichées et mises en cultures mixtes pendant deux ans et demi montrent (Tableau 3) une diminution de la teneur de la fraction granulométrique argileuse ( $< 2 \mu\text{m}$ ) depuis la jachère originelle jusqu'à la fin des cultures (début d'une nouvelle jachère).

Bien que le sol issu de JA ait une teneur en argile relativement plus élevée que celui issu de JC, les pertes d'argile sur la couche 0-0,1 m sont en valeur absolue de  $60 \text{ g.kg}^{-1}$  dans les deux cas en fin de période de cultures (CCf). Cette perte correspond en valeur relative à près de 20% de la quantité d'argile des jachères originelles (JC et JA). En ce qui concerne les couches 0,1-0,2 m et 0,3-0,5 m, les mêmes tendances sont observées, mais l'ampleur des pertes décroît avec la profondeur. Ainsi, on note en valeur absolue  $30 \text{ g.kg}^{-1}$  et moins de  $20 \text{ g.kg}^{-1}$  respectivement dans les deux couches; ce qui en valeur relative équivaut aux pertes respectives de 10% et 4%.

Les sols des jachères originelles (JC et JA) des champs étudiés avaient déjà perdus relativement 20% d'argile par rapport à la FV au cours des cycles précédents de cultures-jachères. Avec l'augmentation de la pression sur les terres de la région d'étude, les paysans dépendent de plus en plus des JC et JA pour la production des cultures vivrières (17). Au cours des deux décennies, ces parcelles ont supporté trois à quatre cycles de cultures, et les sols ont subi d'importants phénomènes de lessivage et d'érosion en nappe en début de chaque campagne. Bien que les pertes en terres par l'érosion en nappe aient été reportées au nord-est de la zone d'étude par Ambassa-Kiki (1) comme étant faibles

Tableau 3

Variation du taux d'argile au cours de la période de culture et en fonction de la jachère originelle (nombre d'échantillons n= 9 pour chaque traitement et pour chaque type de jachère originelle)

|                  | Origine JC                      |      |                    |                    |         |    | Origine JA                      |      |                    |                    |         |    |
|------------------|---------------------------------|------|--------------------|--------------------|---------|----|---------------------------------|------|--------------------|--------------------|---------|----|
|                  | Argile<br>(g.kg <sup>-1</sup> ) |      | Ecart<br>JC<br>(%) | Ecart<br>FV<br>(%) | CV<br>% |    | Argile<br>(g.kg <sup>-1</sup> ) |      | Ecart<br>JA<br>(%) | Ecart<br>FV<br>(%) | CV<br>% |    |
| Couche 0-0,1 m   |                                 |      |                    |                    |         |    |                                 |      |                    |                    |         |    |
| Jachère          | 328                             | (36) | a                  | na                 | -20     | 33 | 333                             | (39) | a                  | na                 | -19     | 34 |
| CCs              | 278                             | (29) | ab                 | -15                | -33     | 31 | 315                             | (31) | ab                 | -9                 | -23     | 33 |
| CCf              | 265                             | (24) | b                  | -19                | -36     | 21 | 275                             | (26) | b                  | -17                | -33     | 29 |
| Couche 0,1-0,2 m |                                 |      |                    |                    |         |    |                                 |      |                    |                    |         |    |
| Jachère          | 388                             | (36) | a                  | na                 | -15     | 28 | 03                              | (37) | a                  | na                 | -12     | 28 |
| CCs              | 361                             | (33) | ab                 | -7                 | -21     | 28 | 387                             | (30) | ab                 | -4                 | -16     | 26 |
| CCf              | 352                             | (33) | b                  | -9                 | -23     | 23 | 376                             | (29) | b                  | -7                 | -18     | 23 |
| Couche 0,3-0,5 m |                                 |      |                    |                    |         |    |                                 |      |                    |                    |         |    |
| Jachère          | 475                             | (29) | a                  | na                 | -12     | 19 | 489                             | (26) | a                  | na                 | -9      | 16 |
| CCs              | 456                             | (29) | a                  | -4                 | -15     | 19 | 466                             | (30) | a                  | -5                 | -13     | 21 |
| CCf              | nd                              |      |                    | nd                 | nd      | nd | nd                              |      | nd                 | nd                 | nd      |    |

Les nombres entre parenthèses donnent l'erreur standard obtenu en faisant la moyenne de n= 9 échantillons; nd= non déterminé; na= non appliqué. Les teneurs en argile suivies de la même lettre dans la même colonne et sur la même couche ne sont pas différentes au seuil de 5%. CV%= Coefficient de variation. Ecart JC= Ecart absolu (JC-CC) par rapport à la jachère originelle JC; Ecart JA= Ecart absolu (JA-CC) par rapport à la jachère originelle JA; Ecart FV= Ecart absolu (FV-JC, FV-JA, FV-CC) par rapport à la Forêt vierge FV

(2 tonnes/ha/an) sous ce système agricole, entre le défrichement de la jachère et la date de prélèvement des échantillons CCs, les couches superficielles du sol avaient déjà connu une perte relative de 9 à 15% (soit en valeur absolue 20 à 50 g.kg<sup>-1</sup>) de leurs teneurs en argile par rapport à celles des jachères originelles.

Dans la pratique de ces jachères rotatives, il y a donc une "désargilisation" de la partie supérieure du profil pédologique qui en conséquence s'enrichit en texture sableuse. La fraction limoneuse, très faible et caractéristique des sols ferrallitiques (12) reste généralement invariable dans ces conditions. Le processus de cette désargilisation reste encore mal connu. Il est néanmoins à noter que les silicates kaolinitiques et les oxyhydroxydes d'aluminium et de fer qui dominent dans la fraction argileuse de ces sols (2, 18, 33) sont généralement stables à bas pH (entre 3 et 4,5). Mais l'augmentation du pH qui atteint souvent les valeurs de 6 à 7 immédiatement après le brûlis (6, 34) est de nature à faciliter la solubilisation de ces minéraux qui, du fait peuvent aisément faire l'objet des translocations et/ou dispersions de quelque nature que ce soit. Ceci peut être illustré par l'exemple décrit par Taylor et Eggleton (27) sur l'équilibre de l'aluminium et de la gibbsite dans la solution du sol en relation avec le pH. En effet, la gibbsite est un hydroxyde d'aluminium de formule chimique Al(OH)<sub>3</sub>. Elle peut dissoudre dans l'eau du sol en produisant l'ion Al<sup>3+</sup> qui peut subir par la suite, une hydrolyse dont les produits varient en fonction du pH du milieu. A pH entre 3-5, les molécules Al(OH)<sub>3</sub> et ions Al<sup>3+</sup> dominant dans le sol. A pH entre 6-7, Al(OH)<sub>3</sub> et

Al(OH)<sub>2</sub><sup>+</sup> sont les produits les plus dominants dans le sol, et à pH > 7, seul les ions Al(OH)<sub>4</sub><sup>-</sup> restent dominants dans le milieu.

#### Changement de la teneur en argile au cours de la période de jachère naturelle

L'étude synchronique abordant simultanément dans l'espace les jachères d'âges différents a permis d'évaluer la reconstitution de la fraction fine du sol pendant la période de jachère. Les résultats de cette étude sont présentés dans le tableau 4.

Une nette tendance à l'augmentation du taux d'argile du sol est observée pendant la phase de la jachère. La différence en argile du sol entre la JF et les champs en fin de cultures (CCf) est significative (p < 0,05) dans les deux premières couches étudiées. Les sols des vieilles cacaoyères (CA) se comportent de la même manière que ceux des jachères dans la reconstitution de la fraction argileuse du sol. Bien que les teneurs d'argile du sol sous CA soient inférieures à celles des JF et FV, cette différence n'est néanmoins pas significative. Cependant, que ce soit sous JF ou sous CA, 8 à 12% (respectivement) d'argile par rapport au sol sous FV restent irrécupérables sur toutes les deux premières couches quelque soit la durée de la jachère contre 2 à 3% sur la troisième couche. Dans cette dernière, malgré la tendance à l'amélioration du taux d'argile du sol avec la durée de la jachère (4 à 12% en valeur relative), aucune différence significative n'est observée par rapport à CCf.

Tableau 4

Variation du taux d'argile en fonction de l'âge de la jachère. Moyennes de n= 9 échantillons par type de jachère

| Type de jachère  | Argile (en g.kg <sup>-1</sup> ) | Ecart FV (%) | CV% |
|------------------|---------------------------------|--------------|-----|
| Couche 0-0,1 m   |                                 |              |     |
| CCf              | 265 (24) a                      | -36          | 21  |
| JC               | 328 (36) a                      | -20          | 33  |
| JA               | 333 (39) a                      | -19          | 34  |
| JF               | 388 (33) b                      | -8           | 25  |
| FV               | 412 (33) b                      | na           | 29  |
| CA               | 366 (36) b                      | -12          | 29  |
| Couche 0,1-0,2 m |                                 |              |     |
| CCf              | 352 (33) a                      | 23           | 23  |
| JC               | 388 (36) a                      | -15          | 28  |
| JA               | 403 (37) ab                     | -12          | 28  |
| JF               | 431 (28) ab                     | -6           | 20  |
| FV               | 458 (49) b                      | na           | 26  |
| CA               | 396 (42) b                      | -14          | 28  |
| Couche 0,3-0,5 m |                                 |              |     |
| CCf              | nd                              | nd           | nd  |
| JC               | 475 (29) a                      | -12          | 19  |
| JA               | 489 (26) a                      | -9           | 16  |
| JF               | 525 (20) a                      | -2           | 12  |
| FV               | 537 (40) a                      | na           | 23  |
| CA               | 520 (41) a                      | -3           | 25  |

Les nombres entre parenthèses donnent l'erreur standard obtenu en faisant la moyenne de n= 9 échantillons; na = non appliqué; nd= non déterminé. Les teneurs en argile suivies de la même lettre dans la même colonne et sur la même couche ne sont pas différentes au seuil de 5%. CV%= Coefficient de variation. Ecart FV= Ecart absolu (FV-JC, FV-JA, FV-JF, FV-CA, FV-CC) par rapport à la forêt vierge FV.

L'influence de la jachère sur la reconstitution de l'argile du sol apparaît donc évidente sur les couches superficielles du profil. Il se pourrait que la macro-faune du sol y joue un rôle important; notamment les termites et les vers de terres géophages dont les activités sont susceptibles de remonter à partir des horizons sub-superficiels, les particules fines du sol en surface. Les travaux de Donovan *et al.* (8) ont montré une amélioration de la qualité du sol et en particulier une relative augmentation de la teneur en kaolinite du sol de surface seulement après treize jours d'activités des termites (*Cubitermes fugifaber*). Selon Dibog (7), leurs effets et leur distribution par unité de surface et par espèce sont plus complets sous les vieilles jachères et les forêts peu perturbées. Mais, cette distribution est encore hasardeuse dans les champs sous cultures et sous jeunes jachères. Des investigations futures sont nécessaires pour mieux appréhender la nature du processus qui conduit à la "réargilisation" des horizons superficiels du sol ainsi dégradés par les cultures.

Il est opportun de noter qu'au contraire d'une étude expérimentale dont les conditions expérimentales et les répétitions sont souvent mieux contrôlées, cette étude était une recherche exploratoire dont les observations faites sur plusieurs localités à un instant donné peuvent souffrir des effets d'erreurs de diverses sources (10). L'ampleur des phénomènes qu'évoquent cette étude

pourrait donc envelopper une dose d'erreur de manipulations. Afin de pouvoir produire un jugement relativement plus rassurant sur la validité de cette dynamique des particules fines du sol, une analyse de régression a été conduite pour évaluer le lien avec les autres propriétés du sol.

#### Relations entre la teneur d'argile et les autres propriétés agronomiques du sol

Certaines propriétés chimiques et physiques susceptibles d'influencer la mise en valeur agronomique des sols étudiés ont montré des interactions avec les variations des teneurs en argile. Bien que certaines de ces relations soient bien connues dans la littérature, il nous a semblé important de les réexaminer dans ce cas précis afin de se rendre à l'évidence que ce constat en argile ne résulterait pas seulement des erreurs de manipulations d'échantillons.

#### Relations avec la capacité de rétention des nutriments

La composition de la fraction argileuse des sols étudiés est largement dominée par la kaolinite et les minéraux d'oxydes de fer et d'aluminium (33). Cette prédominance de kaolinite ainsi que la présence des oxydes de

fer, souvent chargés positivement dans les conditions de sols acides (6, 31) conduisent à une faible capacité d'échange cationique (CEC) de cette fraction (Tableau 1). La capacité de ces sols à retenir les nutriments est en général assurée par l'abondance des particules fines dont les teneurs, dans les conditions climaxiques, sont supérieures à 50% en-dessous de la mince couche humifère (0,03 à 0,05 m). La FV est considérée ici comme la référence climaxique, à l'équilibre, et à partir de laquelle peuvent être appréciés les effets de perturbations et leurs conséquences.

Les résultats de cette étude ont montré une baisse de près de moitié des particules fines d'argile sous cultures vivrières (voir ci-haut). Une analyse de régression linéaire montre que ces variations du taux d'argile contribuent de façon hautement significative ( $p=0,000$ ) pour 38% des fluctuations de la CEC sur la couche 0-0,1 m (voir équation ci-dessous).

$$\begin{aligned} - \text{CEC} &= 2,89 + 0,29 \cdot A; \\ &\text{avec } r^2 = 0,38; \quad p = 0,000; \quad A = \text{Argile } \% \end{aligned}$$

En associant les variations du taux de matière organique à celles de l'argile, la fluctuation de la CEC est expliquée à 68% avec la même probabilité  $p=0,000$ ; suivant l'équation:

$$\begin{aligned} - \text{CEC} &= 1,46 + 0,15 \cdot A + 2,06 \cdot \text{CO}; \\ &\text{avec } r^2 = 0,68; \quad p = 0,000; \quad A = \text{Argile } \%; \\ &\quad \text{CO} = \text{Carbone organique } \% \end{aligned}$$

Ce résultat corrobore l'idée selon laquelle la réserve minérale de ces sols est directement subordonnée à la quantité de la fraction fine et de la matière organique du sol.

### Relation avec la densité apparente ( $D_a$ ) et la stabilité des agrégats

La densité apparente du sol est l'expression de la structure et de la porosité, en particulier de l'agrégation et de l'adhésion de ce sol. Un sol à agrégats cohérents et bien individualisés a généralement une densité apparente faible. Les horizons superficiels des sols étudiés ont en conditions climaxiques une densité apparente entre 0,8 et 1  $\text{g.cm}^{-3}$ ; ceci pour des teneurs en argile de plus de 50%. Ce résultat corrobore avec les définitions rapportées par Kauffman *et al.* (12). Les courbes de régression entre les variations du taux d'argile et celle de la densité apparente montrent l'existence d'une relation hautement significative ( $p=0,000$ ) entre les deux caractéristiques du sol. Les variations du taux d'argile sur la couche 0-0,1 m contribuent pour 40% aux fluctuations de la densité apparente. Cette relation se traduit par les équations linéaires ci-dessous:

$$\begin{aligned} - a &= 1,42 - 0,01 \cdot A; \\ &\text{avec } r^2 = 0,40; \quad p = 0,000; \quad A = \text{Argile } \% \end{aligned}$$

Lorsqu'on associe la matière organique à la texture argileuse du sol, les deux caractéristiques expliquent à 63% ( $p=0,000$ ) les variations de la densité apparente.

$$\begin{aligned} - D_a &= 1,46 - 0,006 \cdot A - 0,057 \cdot \text{CO}; \\ &\text{avec } r^2 = 0,63; \quad p = 0,000; \\ &\quad \text{CO} = \text{Carbone organique } \% \end{aligned}$$

En agissant comme liant des agrégats du sol, la fraction argileuse et la matière organique assurent la cohésion des agrégats et l'adhésion avec les autres agrégats dans l'édification de la structure et de la porosité du sol. Il en est de même pour leur stabilité car l'indice de stabilité structurale calculé à partir de la méthode de «water-drop-impact» (11) est pratiquement égal à 1 pour la couche 0-0,1 m des sols sous FV, dénotant ainsi une parfaite stabilité alors que les sols sous cultures (CCs et CCf) et sous jeunes jachères (JC et JA) ont des indices de stabilité structurale inférieurs à 0,6. En effet, dans le processus d'argilisation des horizons superficiels du sol, Garnier-Sillam et Renoux (9) affirment que le complexe argilo-humique stable formée à partir de l'activité métabolique des termites induit dans leur aire trophoportique une excellente stabilité structurale, une bonne perméabilité et une forte porosité inter-galeries souterraines.

### Conclusion

Au cours des cycles cultures-jachères, la fraction granulométrique argileuse du sol subit des changements importants de teneur. Pendant la période de cultures vivrières, un important processus de "désargilisation" des horizons superficiels du sol a lieu. Cette "désargilisation" est souvent si poussée qu'on assiste à une diminution de près de 40% de la teneur en argile par rapport aux teneurs en conditions climaxiques de forêt vierge prises comme la référence à l'équilibre, et à partir de laquelle les effets des perturbations peuvent être appréciés. Au cours de la jachère naturelle, une reconstitution partielle de cette argile a lieu; mais 10 à 15% de la teneur originelle reste irrécupérable, même par des longues jachères naturelles. Ces variations de teneur de la fraction argileuse du sol ont un impact négatif hautement significatif sur la capacité de rétention des nutriments, la densité apparente et la stabilité des agrégats du sol. La persistance de ces corrélations hautement significatives entre les variations du taux d'argile et les autres propriétés du sol montre que ce processus de dynamique de la fraction fine des horizons pédologiques superficiels sous l'effet des pratiques culturales de la région est un phénomène dont la recherche doit prendre avec plus de sérieux.

Bien que l'activité de la macro-faune (termites et vers de terres) digestatrice du sol sous les vieilles jachères soit connue comme un des facteurs de la "réargilisation" des horizons superficiels par la remontée des particules fines, une attention particulière doit être portée sur ce genre de phénomène car les paysans du site ont de plus en plus tendance à intensifier leurs activités agricoles sur les courtes jachères. Des investigations devront chercher à répondre à quelques préoccupations suivantes: que faire pour recouvrer (réhabiliter) la fraction non restituée par la jachère? Quelle fraction minéralogique est la plus susceptible à ces changements?

Comment peut-on gérer cette fraction granulométrique fine du sol pour permettre une intensification ou une amélioration de ce système agricole?

## Références bibliographiques

1. Ambassa-Kiki R. & Nill D., 1999, Effects of different land management techniques on selected topsoil properties of a forest ferralsol. *Soil & Tillage Research*, 52, 259-264.
2. Bilong P., 1992, Caractère des sols ferrallitiques à plinthise et à pétroplinthise développés sur roches acides dans la zone forestière du sud Cameroun. Comparaison avec les sols développés sur roches basiques. *Cah. ORSTOM, série Pédol.* 27, 203-224.
3. Champetier de Ribes G. & Aubague M., 1956, Carte géologique de reconnaissance (1/500000): Notice explicative sur la feuille Yaoundé-est. Paris 1956.
4. Champetier de Ribes G. & Reyre D., 1959, Carte géologique de reconnaissance (1/500000): Notice explicative sur la feuille Yaoundé-ouest. Paris 1959.
5. CPCS, 1967, Classification des sols. Travaux Commission de Pédologie et de la Cartographie des Sols.
6. Dabin B., 1985, Les sols tropicaux acides. *Cah. ORSTOM, Sér Pédol Vol XXI n° 1*: 7-19.
7. Dibog L., 1999, Biodiversity and ecology of termites (Isoptera) in a humid tropical forest, Southern Cameroon, Ph D Dissertation (Imperial College, Silwood Park, Ascot).
8. Donovan S.E., Eggleton P., Dublin W.E., Batchelder M. & Dibog L., 2001, The effect of soil-feeding termite, *Cubitermes fugifaber* (Isoptera: Termitidae) on soil properties: termites may be an important source of soil microhabitat heterogeneity in tropical forests. *Pedobiologia*, 45, 1-11.
9. Garnier-Sillam E. & Renoux J., 1998, Biologie et rôle des termites dans les processus d'humification des sols forestiers tropicaux du Congo: Essai d'interprétation. *In: Garnier-Sillam et al.: Rapport du Séminaire International sur les facteurs et conditions du maintien de la fertilité du milieu tropical humide. Pointe Noire, 9-21 mars 1987, R.P. du Congo.*
10. Haining R.P., 1990, Spatial data analysis in the social and environmental sciences. Cambridge University Press. Cambridge. 409 p.
11. Imerson A.C. & Vis M., 1984, Assessing soil aggregate stability by water-drop impact and ultrasonic dispersion. *Geoderma*, 34, 185-200.
12. Kauffman S., Sombroek W. & Mantel S., 1998, Soils of rainforests: Characterization and major constraints of dominant forest soils in the humid tropics. *In: Schulte A. & Ruhayat D. (ed), Soils of tropical ecosystems: Characteristics, ecology and management.* Springer, Berlin.
13. Köppen W., 1836, Das geographische System der Klimate. *In: Köppen W. & Geiger R. (ed), Handbuch der Klimatologie.* Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin. 44 p.
14. Lal R., 1996, Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. I. Soil physical and hydrological properties. *Land degradation & development*, 7, 19-45.
15. Letouzey R., 1985, Notice phytogéographique du Cameroun au 1/500 000. Institut de la carte internationale de la végétation, Toulouse, France. 142 p.
16. Martins P., Cerri C.C., Volkoff B. & Andreux F., 1990, Efeito do desmatamento e do cultivo sobre características físicas e químicas do solo sob floresta natural na Amazonia oriental. *Revista Instituto Geologica Sao Paulo* 8-10, 11(1), 21-33.
17. Nounamo L. & Yemefack M., 2001, Farming systems in the evergreen forest of southern Cameroon: Shifting cultivation and soil degradation. *Tropenbos-Cameroon Documents 8. The Tropenbos-Cameroon Programme and The Tropenbos Foundation, Wageningen, The Netherlands.* 62 p.
18. Onguene M., 1993, Différenciation pédologique dans la région de Yaoundé (Cameroun): Transformation d'un sol rouge ferrallitique en sol à horizon jaune et relation avec l'évolution du modélé. Thèse Doc. Univ. Paris VI, 254 p.
19. Prat C., 1990, Relation entre érosion et systèmes de production dans le bassin-versant sud du lac Mangua (Nicaragua). *Cah. Orstom, sér. Pédol.* 25, 171-182.
20. Sanchez P.A., 1977, Soil management under shifting cultivation. *In: Sanchez P.A. (ed): Review of soils research in tropical latin America.* Tech. Bul. n°: 219. N.C. State University at Raleigh.
21. Sanchez P.A., 1983, Nutrient dynamics following rainforest clearing and cultivation. *Proceeding of international workshop on soils.* Townville, Queensland, Australia. 12-13 September 1983.
22. Schwertmann U. & Herbillion A.J., 1992, Some aspects of fertility associated with the mineralogy of highly weathered tropical soils. p. 47-59. *In: SSSA and ASA. Special Publications n° 29.*
23. Slaats J.J.P., 1995, *Chromolaena odorata* fallow in food cropping systems: an agronomic assessment in south-west Ivory Coast. Thesis Landbouwniversiteit Wageningen, The Netherlands.
24. Soil Survey Staff, 1998, Keys to soil taxonomy. 8<sup>th</sup> edition. USDA, Natural Resources Conservation Service.
25. Sommer R., Denich M. & Vlek P.L.G., 2000, Carbon storage and root penetration in deep soils under small-farmer land-use systems in the eastern Amazon region, Brazil. *Plant & Soil*, 219, 231-241.
26. SYSTAT, inc. 1990-1993, SYSTAT 5.03 for Windows. Systat inc. 1800, Sherman Ave, Evanston IL USA 60201.
27. Taylor G. & Eggleton R.A., 2001, Regolith geology and geomorphology. John Wiley & Sons, LTD, Chichester, England.
28. Tulaphitak T., Pairintra C. & Kyuma K., 1985, Changes in soil fertility and tilth under shifting cultivation: Changes in soil nutrient status. *Soil Sci. Plant Nutr.* 31(2), 239-249.
29. Van Gemerden V.B.S. & Hazeu G.W., 1997, Landscape ecological survey (1/100 000) of the Bipindi -Akom II - Lolodorf region, southwest Cameroon. *Tropenbos-Cameroon Documents 1. The Tropenbos-Cameroon Programme and The Tropenbos Foundation, Wageningen, The Netherlands,* 232 p.
30. Van Reuler H., 1996, Nutrient management over extended cropping periods in the shifting cultivation system in south-west Ivory Coast. Thesis, Landbouw Universiteit Wageningen, The Netherlands.
31. Van Wambeke A., Eswaran H., Herbillion A.J., & Comerma J., 1983, Oxisols. *In: Wilding L.P. et al. (ed), Pedogenesis and soil taxonomy.* Elsevier, NY.
32. Volkoff B., Cerri C.C., & Andreux F., 1988, Matière organique et conservation des sols en zones tropicales forestières: Voies actuelles de recherches. 9<sup>e</sup> réunion du Comité Ouest et Centre Africain de corrélation des sols. 14 - 23 novembre 1988. Cotonou, R.P. Bénin.
33. Voundi Nkana J.C., Demeyer A., Baert G., Verloo M.G. & Van Ranst E., 1997, Chemical fertility aspects influenced by the mineralogical composition of some acid tropical soils of the forest zone in central Cameroon. *Agrichimica*, 41, 209-220.
34. Yemefack M. & Nounamo L., 2000, Dynamique des sols et durée optimale des jachères agricoles naturelles au sud Cameroun pp. 135 - 141, *In: Floret Ch. & R. Pontanier (ed): La jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement, Alternatives.* Editions John Libbey Eurotext. Paris, France. 803 p.

M. Yemefack, Camerounais, MSc in Soil Survey and Applications of soil information, Chercheur à Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Nkolbisson, B.P. 2067 Yaoundé, Cameroun. PhD Candidat à l'Institute of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, Pays-Bas depuis 2001, C/o ITC, P.O. Box 6, 7500AA Enschede, Pays-Bas.

L. Nounamo, Camerounais, PhD, Farming systems specialist, Chercheur à l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Nkolbisson, B.P. 2067 Yaoundé, Cameroun.

Rosaline Njomgang, Camerounaise, Doctorat d'Université de France en Science du sol, Chercheur à l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Chef de laboratoire d'analyse de sols et de végétaux de Nkolbisson, B.P. 2067 Yaoundé, Cameroun.

P. Bilong, Camerounais, Doctorat d'Etat en Science du sol, Professeur et vice-Doyen de la Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, B.P. 812 Yaoundé, Cameroun.