

Scientific registration n° : 1997

Symposium n° : 45

Presentation : poster

La pratique de l'écobuage *maala* et ses conséquences sur l'état du sol au Congo.

MOREAU Roland¹, NZILA Jean de Dieu², NYETE Blaise³

¹ ORSTOM, BP. 5045, 34032 Montpellier, France.

² Unité de recherche sur la productivité des plantations industrielles, BP. 1291, Pointe Noire, Congo.

³ Centre de recherche agronomique de Loudima, BP. 28, Loudima, Congo.

Le système d'écobuage *maala* pratiqué dans la région du Niari, au Congo, permet de mettre en culture semi-permanente les sols ferrallitiques acides de cette région de savane humide. Basé sur l'association et la succession de diverses cultures vivrières, sur une période de 3 ans, ce système permet de dégager une production suffisante pour qu'une partie soit vendue. Il est beaucoup plus productif que le simple système de culture sur brûlis et se trouve aussi plus performant que les systèmes intensifs modernes qui ont été expérimentés dans la région et ne se sont pas avérés durables.

Le *maala* consiste à former, en début de saison sèche, des andains avec les herbes de savane (*Hyparrhenia diplandra*) qui sont recouverts de terre, puis brûlés avant l'installation de cultures associées de façon sélective sur les billons écobués et entre les billons. Le brûlage conduit à des élévations de température variant de 95 à plus de 400°C selon les endroits. On observe une grande hétérogénéité du billon d'écobuage où plusieurs phases de sol peuvent être distinguées. A ces phases correspondent des transformations différentes des caractères morphologiques, minéralogiques, physiques et chimiques, en rapport avec les élévations de température inégales enregistrées. L'évolution des paramètres de fertilité qui en résulte se révèle globalement favorable dans le cas des sols acides considérés.

Le système traditionnel *maala* assure déjà un certain niveau d'intensification agricole sans apport d'engrais ni d'amendements et sans transfert de fertilité à l'échelle locale ; mais il impose un travail pénible, avec une faible rentabilité du temps investi. Cependant, des améliorations peuvent être envisagées sur le plan de la réalisation technique de l'écobuage, du suivi des cultures et de la gestion de la jachère, dans la perspective d'une évolution des pratiques de l'agriculture familiale et de son adaptation aux conditions actuelles.

Mots clés : agriculture traditionnelle, Congo, écobuage, évolution du sol, fertilité, sol ferrallitique

Scientific registration n° : 1997

Symposium n° : 45

Presentation : poster

La pratique de l'écobuage *maala* et ses conséquences sur l'état du sol au Congo.

The *maala* burn-beating practice in Congo ; effects on soil properties.

MOREAU Roland¹, NZILA Jean de Dieu², NYETE Blaise³

¹ ORSTOM, BP. 5045, 34032 Montpellier, France.

² Unité de recherche sur la productivité des plantations industrielles, BP. 1291, Pointe Noire, Congo.

³ Centre de recherche agronomique de Loudima, BP. 28, Loudima, Congo.

L'écobuage est une technique de culture complexe, qui consiste à brûler des végétaux herbacés mélangés à de la terre. Utilisée partout dans le monde pour exploiter des terres acides, peu productives, elle fût abandonnée en Europe dans la première moitié du 19ème siècle (Sigaut, 1975). C'est encore une pratique courante en zone tropicale, notamment en Afrique, où diverses variantes existent en fonction des conditions locales.

Au Congo, une forme d'écobuage appelée *maala* est à la base d'un système traditionnel de culture semi-permanente des terres (Greenland, 1975) dans la région de la vallée du Niari. Ce système associe différentes cultures vivrières la 1ère année : maïs, igname, courge, pois d'Angole, et la 2ème année: arachide et manioc ; après la récolte du manioc, en 3ème année de culture, succèdent 4 à 6 ans de jachère.

Le *maala* s'avère le plus performant des systèmes agricoles existant dans la région. Pour le manioc, la principale culture vivrière, les rendements sont de l'ordre de 22 t/ha contre 11 t/ha dans le cas des systèmes traditionnels de culture à plat, après un feu courant, et 19 t/ha en culture intensive mécanisée ; la comparaison est encore plus édifiante en tenant compte des diverses cultures associées. Une part significative de la production, non consommée, est commercialisée.

Les études consacrées à l'écobuage sont rares. Au Congo, la réalisation, les conséquences et les performances du *maala* n'ont fait l'objet d'étude systématique que très récemment (Nzila, 1992 ; Nzila et Nyété, 1996). Les résultats présentés portent sur la description des opérations d'écobuage réalisées pour une mise en culture de savane et sur les modifications morphologiques, minéralogiques, physiques et chimiques du sol qui en résultent, au moment de l'installation des cultures de 1ère année.

MATERIEL ET METHODES

L'étude est réalisée près de Tenzi, dans la région de la Vallée du Niari, sous climat équatorial de transition (pluviométrie : 1200 mm/an). La végétation est une savane arbustive à *Hyparrhenia diplandra*. Le sol est de type ferrallitique, fortement désaturé, sur calcaire marneux. C'est un sol argileux profond, acide, avec des teneurs en aluminium

échangeable notables au-dessous de 5 cm de profondeur (TSA > 50 %). De petites concrétions manganiques y sont fréquemment observées. La fraction argileuse est principalement constituée de kaolinite, avec de la goethite alumineuse et du quartz.

L'écobuage est étudié sur un champs de mise en culture traditionnelle d'environ 400 m². Au cours de la combustion finale, les variations de température sont mesurées toutes les 3 heures pendant 78 heures, avec des thermocouples placés verticalement tous les 5 cm, jusqu'à 50 cm à partir du sommet du billon, et reliés à un thermomètre de lecture *Eirelec Ltd Beta*. Chaque série de mesures est répétée à 5 endroits différents sur le champ. Après l'écobuage, le sol est décrit et échantillonné selon la méthode du profil cultural (Blic, 1990) sur 6 profils différents.

Les analyses sont réalisées sur le sol tamisé à 2 mm : granulométrie au *Sédigraph 500 ET* après dispersion par l'hexamétaphosphate ; minéraux argileux par diffractionmétrie Rx (*Siemens 500*) ; stabilité structurale d'après l'indice Is (Hénin et al, 1955) ; carbone et azote total par l'analyseur élémentaire *CHN 600-LECO* ; N-NH₄ et N-NO₃ respectivement extraits par NaCl 10 % à pH 2,5 et par CuSO₄.5H₂O, dosages par spectrométrie d'absorption ; pH(H₂O) sur suspension sol / solution = 2,5 ; bases échangeables extraites par CH₃CO₂NH₄ M à pH 7, dosages par spectrométrie d'émission et d'absorption atomique ; CEC par saturation avec CaCl₂ tamponné à pH 7 (Pelloux et al., 1971) ; Al échangeable extrait par KCl N, dosage colorimétrique ; Mn facilement réductible extrait par CH₃CO₂NH₄ M avec 0,2 % de ClH,NH₂OH, dosage par absorption atomique (Gambell R.P et Patrick W.H., 1982). P total extrait par KClO₄ concentré (Olsen et Dean, 1965) et P assimilable par FNH₄ et CO₃HNa (Dabin, 1967), dosage colorimétrique (Murphy et Riley, 1962).

Afin de servir de référence sur les transformations du sol résultant de l'élévation de température, 8 échantillons de l'horizon A11 du sol sous savane ont été calcinés au four à moufle à des températures différentes, entre 70 et 500°C, puis analysés comme les échantillons du sol écobué.

RESULTATS ET DISCUSSION

Réalisation de l'écobuage

La préparation du terrain de culture se fait au début (juillet) et à la fin (septembre) de la grande saison sèche. En juillet, la savane à *Hyparrhenia diplandra* est dense et haute de plus de 2 m. Quatre opérations se succèdent alors :

- le rabattage des herbes sur le sol dans le sens de la verse avec un bâton long de 2 à 3 m,
- le traçage de raies de séparation des herbes couchées, avec le même bâton, pour délimiter des bandes parallèles de 1,80 m de largeur ; la largeur peut être plus importante, jusqu'à 2,30 m, dans le cas d'une végétation moins fournie ;
- la mise en andain, en déracinant les herbes à la houe à partir des raies précédentes (les racines d'*hyparrhenia* étant coupées juste au-dessous du talle) et en les repoussant de part et d'autre vers le centre des bandes ; elles y sont entassées et entrelacées avec les herbes couchées qui n'y sont pas déracinées ; la largeur de sol mis à nu de chaque côté des raies initiales représente un quart de la distance entre raies dans le cas d'une végétation abondante : on obtient des andains de 90 cm de large séparés par des bandes dénudées de même largeur ; ces bandes sont plus larges s'il y a moins de végétation ;

pour des raisons pratiques, la longueur des andains ne dépasse pas une vingtaine de mètres ;

- le nettoyage et l'aplanissement du sol entre les andains ; la terre émietlée restant de l'opération précédente et les débris végétaux sont enlevés avec un péricarpe de fruit de baobab et déposés sur les andains.

Le champ est ensuite laissé en l'état jusqu'à la fin du mois de septembre. Avant le retour des pluies de novembre, trois opérations terminent la préparation du terrain :

- un travail du sol à la houe entre les andains, pour ameublir une couche de terre ne dépassant pas 5 cm d'épaisseur et qu'on laisse sécher encore pendant quelques jours ;
- le recouvrement des andains avec la terre précédemment ameublie, sur une épaisseur d'environ 10 cm au sommet ; les billons ainsi constitués ont de 30 à 40 cm de haut sur 90 cm de large ; des végétaux sont encore apparents à la base des billons ;
- la mise à feu suit immédiatement ; elle est réalisée avec des torches de paille d'*Hyparrhenia* en différents points, à la base des billons ; ceux-ci sont soulevés et secoués par endroit pour favoriser la propagation du feu ; l'action du feu conduit à un affaissement de la moitié de la hauteur initiale des billons. Le terrain est alors prêt pour l'installation des premières cultures.

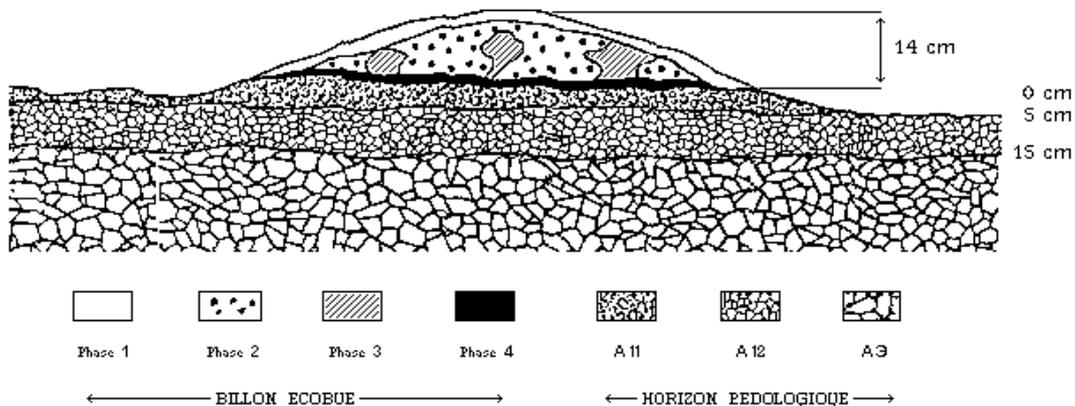
Elévation de température et différenciation morphologique du sol

L'élévation de température n'est pas uniforme et les maximums atteints varient de 95 à 420°C ; ces variations résultent de conditions de combustion différentes d'un endroit à l'autre, en fonction de la répartition et du tassement irréguliers des végétaux et de la terre dans le billon. Il faut attendre 3 jours pour revenir à la température normale (30°C).

Quatre types de phase (P₁, P₂, P₃ et P₄) constituent le billon d'écobuage, au-dessus du sol en place (fig. 1). Ces phases correspondent à des valeurs distinctes de température maximale TM (tabl. 1).

P₁ est une couche de terre motteuse, peu épaisse : 1 - 2 cm, à la surface du billon ; les valeurs de TM y ont été modérées : 95 - 150°C, et le sol a été peu affecté par l'écobuage. P₂ est la phase la plus importante à l'intérieur du billon, avec TM de 225 à 305°C ; il n'y a pas de débris végétaux ; la couleur noire traduit une combustion incomplète. P₃ correspond aux plus fortes TM : 325 à 420°C, et marque les endroits où la concentration

Figure 1 : Schéma d'un profil représentatif du sol après écobuage
Schematic representative soil profile after burn-beating



de végétaux et les conditions de combustion étaient optimales ; une subdivision a été réalisée pour l'échantillonnage : P_{3a} sans présence de cendres, P_{3b} avec des cendres blanchâtres accompagnant la terre rougeâtre. P₄ est un matériel végétal charbonneux mélangé à de la terre noire ; la structure initiale des tiges d'*hyparrhenia* carbonisées y est conservée ; parfois, les végétaux sont restés intacts au contact du sol ; des cendres sombres peuvent aussi être présentes. Le caractère charbonneux mais hétérogène de P₄ résulte du mélange des végétaux et de la terre qui s'est effectué avant et au cours du brûlage ; la carbonisation des végétaux est associée à une aération réduite à ce niveau,

Tableau 1 : Caractères morphologiques et taux d'occupation des différentes phases dans le billon d'écobuage (intervalle de confiance à 95 %)

Table 1 : Morphological features and importance of the various phases in the ridge after burn-beating (95 % confidence interval)

	Couleur	Toucher textural	Caractères structuraux et matières végétales	Taux d'occupation dans le billon (%)
P ₁ (95-155°C)*	brun foncé (10YR3/3)	argilo-limono-sableux	grumeleux fin à grossier, meuble ; nombreuses mottes <7cm à cohésion forte ; nombreuses racines de graminée	21,8 ± 11,0
P ₂ (225-305°C)*	noir (7,5YR2/0)	limono-sableux	grumeleux fin à grossier, meuble ; mottes < 5cm à cohésion faible, poreuses ; pas de racines ni débris végétaux	46,7 ± 11,0
P ₃ (325-430°C)*	rouge-brique (5YR5/8-4/6)	sableux (localement cendreux)	grumeleux fin à grossier, meuble ; quelques mottes < 5 cm à cohésion faible, poreuses ; pas de matière végétale	17,4 ± 12,3
P ₄ (150-260°C)*	noir (10YR3/1)	charbonneux**	graminées carbonisées, avec structure conservée des tiges ; terre fine interstitielle, grumeleuse fine avec particules jusqu'à 1-2 cm ; fragile et friable	14 ± 12,5
SE 0-5 (40-75°C)*	brun très foncé (10YR2/1)	argilo-limono-sableux	polyédrique moyen à grumeleux fin ; cohésion faible ; porosité tubulaire et interstitielle ; racines de graminées abondantes	

* Températures maximales atteintes TM ; ** localement cendreux et limono-argileux

avec des valeurs de TM modérées que l'on peut estimer > 150°C, pour que la carbonisation se produise, et < 260°C, pour que les structures végétales subsistent sans déformation.

Sous P₄, les TM n'ont pas atteint 100°C et le sol en place (A11) n'apparaît pas modifié. La terre rassemblée dans les billons provient de A11 qui disparaît plus ou moins régulièrement entre les billons (fig. 1).

Les échantillons de sol ont été prélevés dans les différentes phases constitutives du billon d'écobuage (P₁, P₂, P_{3a}, P_{3b} et P₄) et dans l'horizon de référence A11 du sol en place sous le billon (SE 0-5) et du sol non écobué sous savane (SA 0-5).

Modifications physiques et chimiques

On perçoit un caractère plus sableux de la texture du sol avec l'élévation de TM, en P₂ et surtout en P₃ (tabl. 1), qui se révèle aussi à l'analyse granulométrique* par l'appauvrissement en argile et l'enrichissement en sable grossier (tabl. 2). La stabilité structurale s'accroît aussi en P₂ et P₃. Ces modifications résulteraient d'une pectisation des particules argileuses devenant difficilement dispersables sous forme de pseudo-sables (Nishita et Haug, 1972 ; Giovannini et al, 1988).

Tableau 2 : Modification des caractères minéralogiques et physiques du sol sous l'effet de l'écobuage (intervalle de confiance à 95 %)

Table 2 : Modifications in the mineral and physical soil characteristics after burn-beating (95 % confidence interval)

	Températures maximales TM	Minéraux argileux*	Argile %	Sable grossier %	Instabilité structurale Is
SA 0-5		K5 - G3	44 ± 4	11 ± 1	0,3
SE 0-5	40 - 75	K5 - G3	46 ± 8	10 ± 2	0,3
P ₁	95 - 155	K5 - G3	45 ± 4	11 ± 3	0,5
P ₂	225 - 305	K5 - G2 - H2	36 ± 3	15 ± 1	0,1
P ₃	325 - 420	K4 - G1 - H3	30 ± 3	21 ± 3	0,1

* K : Kaolinite ; G : Goethite ; H : Hématite ; 1 < 5 % ; 2 : 5 - 10 % ; 3 : 10 - 20 % ; 4 : 30 - 40 % ; 5 : 50 - 80 %

La transformation de la goethite en hématite mal cristallisée débute, à partir de 250°C, en P₂ et devient plus accomplie en P₃ où l'hématite est l'oxyde de fer prépondérant (tabl. 2). La dégradation de la kaolinite n'apparaît qu'en P₃, à partir de 300°C ; cette valeur relativement faible pourrait traduire l'existence d'impuretés et de défauts de cristallisation fragilisant la kaolinite du sol étudié.

Le carbone et l'azote varient dans des proportions différentes (tabl. 3). Il y a une bonne concordance entre les résultats du sol calciné et du sol écobué pour le C total. La teneur en C total reste stable jusqu'à 150°C ; la plus faible teneur de P₁ par rapport à SA 0-5 et à SE 0-5 s'explique par le fait que la terre constituant P₁ provient de la partie inférieure de l'horizon A11 entre les billons. Au-delà de 150°C, la teneur en C total diminue régulièrement avec l'élévation de température, en P₂ et en P₃ ; la perte atteint 80 % à 350°C (P_{3a}) et il n'y a plus de carbone dans le sol calciné au-delà de 400°C. L'apport de carbone par la végétation concentrée dans le billon s'observe en P_{3b}, par rapport à P_{3a}, et surtout en P₄ où les teneurs en C total sont les plus élevées. Le bilan global apparent au niveau de billon écobué (P₁, P₂, P₃ et P₄) aboutit à une perte de C total de l'ordre de 30 % par rapport à l'horizon A11 du sol en place.

Les pertes en N total du sol écobué sont plus réduites que pour le carbone et C/N diminue fortement en passant de P₁ à P₂ et P₃ ; ces pertes, qui ne dépassent pas 50 % pour les TM les plus élevées, en P₃, sont aussi plus faibles que dans le cas du sol calciné où l'azote disparaît totalement à 300°C. Le sol écobué s'enrichit aussi en N minéral sous forme de N-NH₄ résultant de la décomposition thermique des acides aminés du sol ;

* On notera, d'une façon générale, que le toucher textural (tabl. 1) réduit l'importance de l'argile au profit du caractère sableux par rapport à l'analyse granulométrique (tabl. 2) ; c'est le fait de l'existence d'agrégats très fins et stables dans ce type de sol.

(Juste et Dureau, 1967, De Bano et al, 1979). Il n'apparaît pas, pour l'azote, de bilan global déficitaire dans le billon écobué, en incluant P₄.

Le pH (H₂O) s'accroît de plus d'une unité en P₂ et davantage en P₃ et P₄ ; ces phases s'enrichissent aussi en bases échangeables (tabl. 3). Pour P₃, les valeurs les plus élevées en P₃b sont liées à la présence de cendres. En P₄, les valeurs de Mg et de K échangeables atteignent des ordres de grandeur supérieurs, marquant l'influence prépondérante de l'apport végétal dans cette phase. La CEC se réduit avec l'élévation de température, en rapport avec la diminution du taux de carbone ; la phase charbonneuse P₄ se distingue par une valeur de CEC près du double de celle de SE 0-5.

Tableau 3 : Variation des caractères chimiques du sol sous l'effet de l'écobuage (intervalle de confiance à 95 %)

Table 3 : Variations in the chemical soil characteristics after burn-beating (95 % confidence interval)

	SA	SE	P ₁	P ₂	P ₃		P ₄
	0 - 5	0 - 5			a	b	
C total (*)	37,7±5,6	38,2±5,7	26,7±2,7	20,0±3,8	4,5±1,3	12,2±3,6	60,1±6,4
N total (*)	2,2±0,4	2,4±0,4	1,8±0,3	1,9±0,4	1,2±0,3	1,6±0,3	2,4±0,5
C/N	17,1	15,9	14,8	10,5	3,8	7,6	25,25
N minéral (*)	0,019	0,157	0,101	0,165	0,058	0,078	
Nm/Nt (%)	0,9	5,8	5,9	7,5	4,8	4,6	
pH(H ₂ O)	5,1± 0,3	5,1± 0,4	5,3±0,2	6,5±0,2	6,8±0,2	7,2±0,2	6,8±0,3
Ca éch. (**)	3,65±0,61	3,74±0,77	3,89±1,11	5,63±2,74	5,74±1,02	6,93±1,09	6,48±2,42
Mg éch. (**)	0,65±0,07	0,66±0,10	0,69±0,31	0,84±0,24	0,83±0,15	1,12±0,11	3,59±2,05
K éch. (**)	0,56±0,08	0,56±0,04	0,64±0,18	0,71±0,14	0,80±0,23	0,99±0,29	2,59±1,43
CEC (pH7)**	13,91±1,79	13,15±2,92	11,55±1,55	10,80±1,70	7,78±2,10	9,70±2,07	24,0±3,67
Mn fac. réd.**	1,15±0,14	1,11±0,32	1,22±0,08	0,92±0,30	0,80±0,20	0,74±0,26	
P assimilable *	0,45±0,07	0,42±0,15	0,33±0,17	0,52±0,16	0,63±0,29	0,89±0,25	1,37±0,50
P ass/P total	0,15	0,14	0,14	0,18	0,24	0,30	0,42

* en mg/g de sol ; ** en cmol(+)kg⁻¹

Le manganèse facilement réductible décroît en fonction de l'élévation de température, particulièrement dans P₂ et P₃ (tabl. 3), réduisant les risques de toxicité manganique qui peuvent apparaître sous culture mécanisée, sur ce type de sol (Prévoit et al, 1955 ; Martin, 1970). Le billon écobué reste exempt d'aluminium échangeable comme l'horizon A11.

La teneur en phosphore assimilable et le rapport P assimilable / P total augmentent dans les phases P₂, P₃ et P₄, en fonction de l'élévation de température et de l'importance du matériel végétal présent ; ce dernier facteur étant prépondérant en P₃b et surtout en P₄.

CONCLUSIONS

Malgré une réduction du stock carboné et de la capacité d'échange qui lui est liée, les effets de l'écobuage s'avèrent bénéfiques pour le développement des cultures, en particulier pour les plantes à tubercules : élévation du pH et des teneurs en nutriments (N, P et bases), réduction des risques de toxicités manganique et aluminique ; préservation des qualités structurales du sol. Ces modifications restent appréciables après

3 ou 4 années de culture, tandis que l'appauvrissement en carbone n'est plus mis en évidence.

Le *maala* reste le système d'exploitation le plus performant, accessible à l'agriculture familiale dans la région de la vallée du Niari. C'est une forme traditionnelle d'intensification culturale, n'impliquant pas de transfert de fertilité à l'échelle du terroir villageois et qui est digne d'intérêt pour conduire une évolution raisonnée des pratiques existantes, en recherchant des techniques et systèmes de cultures mieux adaptés aux conditions actuelles,

L'évolution du système *maala* doit forcément conduire à l'allégement du travail important et pénible nécessaire pour la préparation du terrain et à l'augmentation de la productivité sur les espaces cultivés. Dans cette perspective, différentes améliorations peuvent s'envisager, portant notamment sur l'adoption d'un outillage mieux adapté (éventuellement avec une motorisation légère), sur l'efficacité des opérations d'écobuage (homogénéité des billons) et d'entretien des cultures (démariage, désherbage,...) et sur la prolongation de la période de culture (succession culturale, gestion des résidus de culture, fertilisation d'appoint...). La jachère elle-même est à considérer comme un élément important dans la rotation, dont il faudrait améliorer l'efficacité (contrôle des feux de brousse, gestion de la biomasse annuelle, utilisation de légumineuses...); l'extension des jachères à *Chromolaena odorata* constituant, aussi, un facteur de remise en cause des pratiques traditionnelles dans la région.

BIBLIOGRAPHIE

- Blic P. de, 1990 - L'examen du profil cultural. Un outil pour mieux comprendre le comportement du sol soumis à des travaux aratoires. *In* : Organic matter management and tillage in humid and subhumid Africa. IBSRAM proceedings, 10, Bangkok : 385-393.
- Dabin B., 1967 - Sur une méthode d'analyse du phosphore dans les sols tropicaux. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux. Tanananrive, 19-25 nov., I ; IRAT : 99-115.
- De Bano L.F., Eberlein G.E. and Dunn P.N., 1979 - Effects of burning on Chaporal soils : I. Soil nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43 : 504-509.
- Gambell R.P. and Patrick W.H., 1982 - Manganese. *In* : Methods of soil analysis, chemical and microbiological properties, Part 2 ; Page A.L., Miller R.H. and Keeney D.P. (Ed.) *Agronomy* n° 9, 2nd edition, ASA-SSSA : 313-322.
- Giovannini G., Lucchesi S. and Giachetti M., 1988 - Effect of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility. *Soil Science*, 146 (4) : 255-261.
- Greenland I.D.J., 1974 - Evolution et mise au point des différents systèmes d'agriculture itinérante. *In* : L'agriculture itinérante et la conservation des sols en Afrique. *Bulletin Pédologique* FAO, 24 : 6-15.
- Hénin S., Monnier G. et Combeau A., 1958 - Méthode pour l'étude de la stabilité structurale des sols. *Annales Agronomiques*, 2 : 71-90.
- Juste C. et Dureau P., 1967 - Production d'azote ammoniacal par décomposition thermique d'acides associés à un sol argilo-limoneux. C.R.A.S. Paris, série D, t. 265 : 1167-1169.
- Martin G., 1970 - Synthèse agropédologique des études ORSTOM dans la vallée du Niari en République du Congo-Brazzaville. *Cah. ORSTOM, série Pédologie*, VIII (1) : 63-79.
- Murphy P. and Riley J.P., 1962 - A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica chimica Acta*, 27 : 31-36.
- Nishita H. and Haug R.M., 1972 - Some physical and chemical characteristics of heated soil. *Soil Science*, 113 (6) : 422-430.
- Nzila J. de D., 1992 - Etude des transformations structurales et physico-chimiques d'un sol ferrallitique de la vallée du Niari (Congo), soumis à la pratique de l'écobuage. Thèse doctorat Paris XII - Val de Marne, 191 p.
- Nzila J. de D. et Nyété B., 1996 - Pratiques culturales paysannes au Congo : influence de l'écobuage sur l'évolution de la fertilité des sols de la vallée du Niari. *In* : Fertilité du milieu et stratégies paysannes

sous les tropiques humides ; Pichot J., Sibelet N. et Lacoeyilhe J.J. (Ed.) Colloques, CIRAD, Montpellier 1996 : 245-248.

Olsen S.R. et Dean L.A., 1965 - Phosphorus. *In* : Methods of soil chemical analysis, Part 2 ; Black C.A. et Al (Ed.) Agronomy 9. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison ; Wis. : 135-1049.

Pelloux P., Dabin B., Fillmann G. et Gomez R., 1971 - Méthodes de détermination des cations et de la capacité d'échange dans les sols. ORSTOM, série Initiations-Documentations Techniques 17, 117 p.

Prevot P., Ollagnier M., Aubert G. et Brugiere J.M., 1955 - Dégradation du sol et toxicité manganique. Oléagineux, 10ème année n° 4 : 239-243.

Sigaut F., 1975 - L'agriculture et le feu. Rôle et place du feu dans les techniques de préparation du champ de l'ancienne agriculture européenne. Ed. Mouton & Co, Paris, La Haye, 320 p.

Mots clés : agriculture traditionnelle, Congo, écobuage, évolution du sol, fertilité, sol ferrallitique

Keywords : burn-beating, Congo, fertility, indigenous farming, oxysol, soil evolution.