Effet à court terme de la mise en culture sur le statut organique et l'agrégation d'un sol ferrallitique argileux du Congo

Bernard Barthès, Ernest Kouakoua, Georges-Henri Sala, Christian Hartmann, Blaise Nyeté

▶ **To cite this version:**

Bernard Barthès, Ernest Kouakoua, Georges-Henri Sala, Christian Hartmann, Blaise Nyeté. Effet à court terme de la mise en culture sur le statut organique et l'agrégation d'un sol ferrallitique argileux du Congo. Canadian Journal of Soil Science, 1996, 76, pp.493-499. 10.4141/cjss96-061 . ird-04169951

HAL Id: ird-04169951
https://ird.hal.science/ird-04169951

Submitted on 24 Jul 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

P6b 1
DAAU

Effet à court terme de la mise en culture sur le statut organique et l'agrégation d'un sol ferrallitique argileux du Congo

B. Barthès[1], E. Kouakoua[1], G. H. Sala[1], C. Hartmann[2], et B. Nyeté[3]

[1]*Laboratoire d'Etude du Comportement des Sols Cultivés (LCSC) ORSTOM, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1, France, e-mail: viala@orstom.rio.net;* [2]*Laboratoire Biologie et Organisation des Sols Tropicaux (BOST) ORSTOM, BP 8006, 97259 Fort-de-France cedex, France;* [3]*Centre de Recherche Agronomique de Loudima (CRAL), BP 28, Loudima, Congo.* *Reçu le 13 février 1996, accepté le 6 avril 1996.*

Barthès, B., Kouakoua, E., Sala, G. H., Hartmann, C. et Nyeté, B. 1996. **Effet à court terme de la mise en culture sur le statut organique et l'agrégation d'un sol ferrallitique argileux du Congo.** Can. J. Soil Sci. **76**: 493–499. Lorsque les sols ferrallitiques argileux de la Vallée du Niari (Congo) sont mis en culture, leur teneur en carbone organique et leur stabilité structurale diminuent fortement en quelques années. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet à court terme de la mise en culture sur le statut organique et la stabilité des macroagrégats (> 0.2 mm) d'un sol resté vingt ans sous savane. L'étude a également pour objectif d'identifier les déterminants de la stabilité des macroagrégats.

Après cinq mois de culture manuelle ou mécanisée, la teneur en **macroagrégats stables (MA)** diminue significativement dans la couche 0-10 cm (7% en moyenne); le stock de carbone organique S ne diminue pas significativement (6% en moyenne), et la diminution de teneur en carbone organique C est significative uniquement sous culture mécanisée (13.5% en moyenne, contre 7% sous culture manuelle). En revanche, la mise en culture n'influence pas significativement MA, S et C dans la couche 10-20 cm (variations < 5%, en moyenne).

MA est corrélée à la teneur en aluminium échangeable ($r = 0.6$), quoique sa contribution à la stabilité soit faible, mais n'est corrélée ni aux teneurs en aluminium et fer "libres" ou "amorphes" ($r < 0.3$), ni à C ($r < 0.1$); par ailleurs, MA n'apparaît pas influencée par les composés solubles dans l'eau chaude. La macroagrégation ne semble donc pas contrôlée ici par les matières organiques.

Mots clés: Stabilité des macroagrégats, carbone organique, sol ferrallitique, mise en culture, aluminium échangeable, prétraitement eau chaude

Barthès, B., Kouakoua, E., Sala, G. H., Hartmann, C. et Nyeté, B. 1996. **Short-term effect of cultivation on organic status and aggregation of a clayey oxisol in Congo.** Can. J. Soil Sci. **76**: 493–499. Cultivation of oxisols of the Niari Valley (Congo) leads to considerable decline in the soil organic carbon content and structural stability in a few years. The objective of this study was to estimate the very short-term effects of cultivation on organic status and macroaggregate (> 0.2 mm) stability of a soil which had been under savanna for 20 yr. Another objective was to identify the determinants of macroaggregate stability.

On one hand, after 5 mo of manual or mechanized cultivation, stable macroaggregate content MA decreased significantly in the 0- to 10-cm layer (7% on average); soil organic carbon stock S did not (6% on average), whereas the decrease in soil organic carbon content C was significant only under mechanized cultivation (13.5% on average, vs. 7% under manual cultivation). On the other hand, the influence of cultivation on MA, S and C was not significant in the 10- to 20-cm layer (variations < 5%, on average).

MA was correlated with exchangeable aluminum content ($r = 0.6$), though its contribution to stability was low, but was neither with "free" or "amorphous" iron and aluminum contents ($r < 0.3$), nor with C ($r < 0.1$); moreover, the influence of hot water-extractable compounds on MA was not significant. Therefore, macroaggregation did not seem to be controlled by organic matter.

Key words: Macroaggregate stability, soil organic carbon, oxisol, setting into cultivation, exchangeable aluminum, hot water pretreatment

La mise en culture des terres de savane s'accompagne généralement d'une évolution défavorable de leurs propriétés physiques et chimiques (Pieri 1989). Pour les sols argileux de la Vallée du Niari, au Congo, cette évolution est complexe et associe forte acidification, appauvrissement en matière organique et dégradation de la structure du sol, surtout sous culture mécanisée (Martin 1963; Mapangui 1992).

L'influence de la **matière organique (MO)** sur la stabilité structurale est connue, et plusieurs types de constituants organiques sont susceptibles de jouer un rôle dans l'agrégation: polysaccharides d'origine racinaire ou microbienne, MO figurée, substances humiques (Tisdall et Oades 1982; Feller et al. 1996). La conjonction entre dégradation physique et modification du statut organique, lors de la mise en déséquilibre du système sol-végétation, est également établie: sous climat tempéré, le retournement et la mise en culture d'un sol de prairie s'accompagnent ainsi d'une diminution de la stabilité des agrégats, attribuée à l'appauvrissement en glucides solubles à l'eau chaude dans un premier temps, en substances humiques à plus long terme (Haynes et al. 1991). Toutefois, l'évolution de la stabilité

Fonds Documentaire ORSTOM
010008163
Fonds Documentaire ORSTOM
Cote : B*8163 Ex : 1 ex

structurale des sols ferrallitiques sous l'effet de la mise en culture reste moins bien caractérisée, surtout à très court terme. Certaines formes du fer et de l'aluminium déterminent dans ces sols la formation d'agrégats très stables, et l'effet de la MO sur l'agrégation n'est pas toujours net (Tisdall et Oades 1982; Oades et Waters 1991).

Après plusieurs années, le défrichement et la mise en culture provoquent une dégradation de la structure des sols de la Vallée du Niari, liée à la dégradation de leur statut organique (Martin 1963). L'objectif de la présente étude est d'évaluer les effets à court terme (cinq mois) de la mise en culture sur le statut organique et la stabilité des macroagrégats (>0.2 mm), dans des sols ferrallitiques argileux de cette région. L'étude a aussi pour objectif de tester l'hypothèse d'une influence de certains constituants organiques (MO solubles à l'eau chaude) et minéraux (formes du fer et de l'aluminium) sur cette stabilité.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Caractéristiques environnementales

L'expérimentation agronomique qui sert de cadre à l'étude est installée au **Centre de Recherche Agronomique de Loudima (CRAL)**, dans la Vallée du Niari, au sud-ouest du Congo. Le climat de cette région est tropical humide à deux saisons principales, avec une pluviométrie annuelle moyenne de 1050 mm à Loudima. Durant les sept mois que dure la saison des pluies, d'octobre à mai, deux cultures à cycle court successives sont possibles (maïs et arachide, par exemple).

Le site expérimental est implanté sur sédiment schisto-calcaire, sur une pente d'environ 1%, à l'amont d'un plateau ondulé. En début d'expérimentation, il était couvert par une jachère d'environ vingt ans, succédant à des cultures industrielles. Cette vieille jachère était une savane arbustive, avec une strate herbacée dominée par deux graminées, *Hyparrhenia diplandra* et *Imperata cylindrica*, et une strate arbustive (environ 30 arbustes ha^{-1}) dominée par *Anona arenaria*.

Les sols sont ferrallitiques, acides, totalement décalcifiés et fortement désaturés en bases, à stone-line profonde (haplorthox dans la classification américaine). Les couches 0-10 et 10-20 cm contiennent respectivement 60% et 75% environ d'argile (< 2 μm), et généralement moins de 10% de sables (0.05 à 2 mm). D'autres caractéristiques analytiques sont présentées dans le cours de l'étude. Du point de vue minéralogique, ces sols sont principalement constitués de kaolinite, dominante et bien cristallisée, de quartz, de goethite, et dans une moindre mesure, d'hématite (Mapangui 1992). A l'échelle du site expérimental, l'organisation de la couverture pédologique est homogène, sans variation latérale sensible; sous les horizons supérieurs sombres se développe, à partir de 40 cm de profondeur, un horizon jaune argileux, épais de plus de trois mètres.

Dispositif agronomique

Le dispositif agronomique consiste en un essai randomisé, avec sept traitements. Il comprend quatre blocs (notés 1 à 4) de sept parcelles, soit 28 parcelles au total, mesurant chacune 32 m sur 12 m. Trois traitements sont étudiés ici:

- le traitement SAV est la savane-témoin;

- BAS est un traitement à bas niveau d'intrants; après défrichement à la houe et brûlage, il comporte (i) une culture manuelle chaulée de manioc (*Manihot esculenta*) à plat pendant deux ans, avec une arachide (*Arachis hypogea*) intercalaire au premier cycle de la première année, puis (ii) deux années de jachère cultivée à légumineuse rampante (*Mucuna* sp.); le sol est travaillé à la houe, sur 5 à 10 cm de profondeur;

- HAUT est un traitement à haut niveau d'intrants; après brûlage, il comporte des cultures pures, mécanisées, chaulées et fertilisées (NPK), avec la succession suivante: (i) manioc à plat pendant deux ans, (ii) arachide puis maïs (*Zea mays*) en engrais vert la troisième année, (iii) maïs-grain puis maïs-engrais vert la quatrième année; le travail du sol est mécanisé, et comprend avant chaque culture un labour à la charrue à socs, assez irrégulier et atteignant 10 à 20 cm de profondeur, suivi de deux passages de disques légers jusqu'à 10 cm de profondeur environ.

Dans les trois cas, la strate arbustive est éliminée manuellement, avec dessouchage à la pioche. Sur les parcelles cultivées, les apports de calcaire broyé sont de 3 t ha^{-1}. Les prélèvements de sol sont réalisés cinq mois après la mise en culture, en saison des pluies, l'arachide des parcelles BAS étant récoltée.

Etude des teneurs et des stocks de carbone organique

Le stock de carbone organique (S, en kg m^{-2}) et sa variabilité sont évalués sur les quatre parcelles des traitements SAV, BAS et HAUT, à partir de mesures de masse volumique apparente (Mv, en Mg m^{-3}) et d'analyses de teneur en carbone total (C, en g kg^{-1}), à 0–10 et 10–20 cm de profondeur. Mv est mesuré par la méthode de l'anneau biseauté (Monnier 1994), dans une fosse située sur chaque parcelle, avec six répétitions par profondeur. C est analysé par la méthode de Walkey et Black (1934), sur un échantillon composite par parcelle, provenant du mélange de neuf prélèvements élémentaires; il correspond au carbone organique, car le sol est totalement décarbonaté. C et S sont également évalués sur la couche 0–20 cm: pour chaque parcelle, C y est défini par la demi-somme des valeurs mesurées à 0–10 et 10–20 cm, tandis que S y est défini par la somme des valeurs calculées à 0–10 et 10–20 cm.

Etude de la stabilité des agrégats

La stabilité des agrégats est étudiée au laboratoire, sur des échantillons prélevés dans une fosse sur chacune des six parcelles SAV1 (parcelle SAV du bloc 1) et SAV3, BAS3 et BAS4, HAUT1 et HAUT3. Dans chacune des six fosses, notées respectivement fSAV1, fSAV3, fBAS3, fBAS4, fHAUT1 et fHAUT3, un prélèvement à 0–10 cm et un prélèvement à 10–20 cm sont réalisés au moyen d'un cylindre biseauté large de 0.2 m et haut de 0.1 m (soit douze prélèvements au total).

Les tests effectués, qui dérivent de la méthode présentée par Kemper et Rosenau (1986), consistent en un tamisage dans l'eau précédé d'un prétraitement dans l'eau froide ou dans l'eau chaude. Un échantillon de 4 g de sol séché à l'air et tamisé à 2 mm est placé dans un tamis de maille 0.2 mm, dont la base est plongée dans un becher d'eau permutée froide. Dans le cas des tests avec prétraitement à l'eau froide, l'échantillon reste immergé pendant 30 mn, puis le tamis subit une agitation mécanique verticale pendant 6 mn, qui tamise l'échantillon dans l'eau du becher. Dans le cas des tests avec prétraitement à l'eau chaude, le becher contenant le tamis avec l'échantillon est placé dans un autoclave à pression atmosphérique, et reste pendant 60 mn à 90–95°C. Après réajustement du niveau d'eau dans le becher, l'échantillon est tamisé comme précédemment. Quatre répétitions sont réalisées pour chacun des douze prélèvements et chaque type de prétraitement.

La fraction granulométrique > 0.2 mm (notée FG > 0.2) est séchée à l'étuve puis pesée. Elle est ensuite tamisée à 0.2 mm dans une solution alcaline (NaOH à 0.05 M), afin de détruire les agrégats et disperser les éléments fins, pour ne retenir sur la grille du tamis que les sables grossiers et les débris végétaux. Le poids de ces derniers étant négligeable, les sables grossiers (SG, en g kg^{-1}) sont pesés après séchage à l'étuve. Le poids des agrégats > 0.2 mm, ou macroagrégats (MA, en g kg^{-1}), est obtenu par différence (MA = FG > 0.2 – SG).

Le poids de la fraction < 0.02 mm est déterminé par analyse granulométrique du contenu des bechers après le tamisage dans l'eau, par la méthode de la pipette Robinson (Rouiller et al. 1994). Cette fraction est dite dispersée, ou fraction des microagrégats (MI, en g kg^{-1}). La fraction des mésoagrégats (ME, en g kg^{-1}), de taille comprise entre 0.02 et 0.2 mm, est calculée par différence (ME = 1000 – SG – MA – MI).

Pour chacun des douze prélèvements, les analyses suivantes sont également réalisées:

• analyse granulométrique (six classes), après destruction de la MO et dispersion dans une solution d'hexamétaphosphate de sodium, par diffraction laser avec un granulomètre laser Malvern Master Sizer E (Albrecht, A., & Laurent, J.Y.. Laser diffraction technique for particle-size distribution characterization in soils. En préparation pour Commun. Soil Sci. Plant Anal.);

• pH à l'eau et au KCl, mesurés en suspension (rapport liquide/sol de 2.5);

• teneur en carbone total, extrait par combustion sous courant d'oxygène et dosé par cellule infrarouge, avec un microanalyseur CHN Leco 600; tout ce carbone est organique;

• cations échangeables, extraits au pH du sol par le chlorure de cobaltihexamine (Rouiller et al. 1994) et dosés par spectrométrie d'émission de **plasma à couplage inductif (ICP)** avec une torche à plasma Jobin-Yvon JY 50;

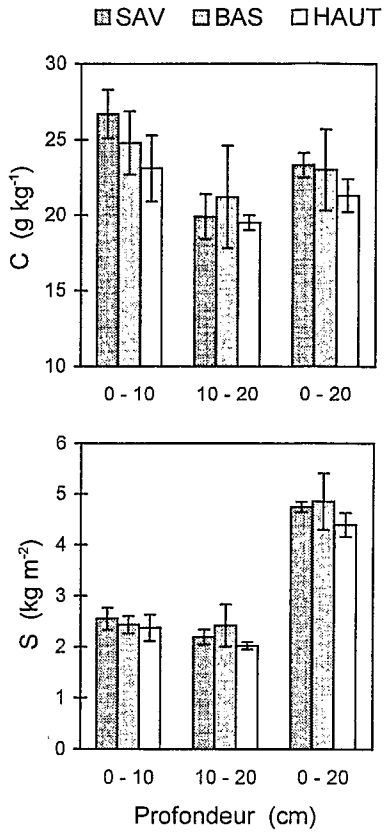

Fig. 1. Teneurs (C) et stocks (S) de carbone organique des couches 0–10, 10–20 et 0–20 cm sur les traitements agronomiques SAV, BAS et HAUT (moyennes et écarts-types).

• aluminium et fer dits "libres", extraits par le réactif de Mehra-Jackson au citrate-bicarbonate-dithionite (Rouiller et al. 1994) et dosés avec un spectrophotomètre d'absorption atomique Unicam P900;

• aluminium et fer dits "amorphes", extraits par le réactif de Tamm à l'oxalate d'ammonium (Rouiller et al. 1994) et dosés avec le même spectrophotomètre.

Tests statistiques et seuils de significativité

La normalité des distributions est appréciée à l'aide du test de Shapiro-Wilk. La comparaison entre moyennes est réalisée à l'aide des tests de Student ou de Welch suivant que les variances sont égales ou pas, la comparaison entre variances étant réalisée à l'aide du test de Snedecor (CETAMA 1986). En l'absence de précision, la significativité des corrélations, des différences entre moyennes et la normalité des distributions sont appréciées au seuil de 5%.

RÉSULTATS

Teneurs (C) et stocks (S) de carbone organique (fig. 1)

Les résultats présentés sont des moyennes sur les quatre parcelles de chaque traitement agronomique (pour le traitement BAS, la moyenne est calculée sur trois traitements seule-

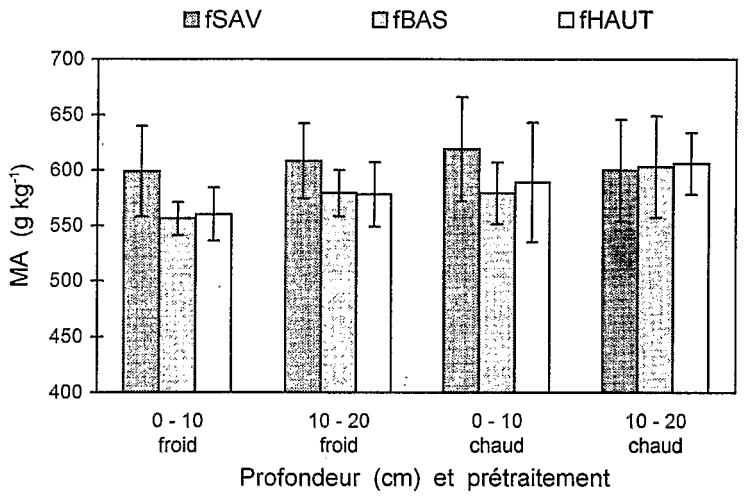

Fig. 2. Teneurs en macroagrégats stables (MA) après prétraitement à l'eau froide et à l'eau chaude, dans les couches 0–10 et 10–20 cm des fosses fSAV, fBAS et fHAUT (moyennes et écarts-types).

ment, BAS1 étant écartée car C y est très élevé). Pour chacun des traitements SAV, BAS et HAUT, les distributions de C et S aux profondeurs 0–10, 10–20 et 0–20 cm sont considérées comme normales.

Pour C, la comparaison entre SAV, BAS et HAUT donne les résultats suivants: (i) dans la couche 0–10 cm, SAV = BAS (pas de différence significative) et BAS = HAUT, mais SAV > HAUT (différence significative); (ii) dans la couche 10–20 cm, SAV = BAS = HAUT; (iii) dans la couche 0–20 cm, SAV = BAS et BAS = HAUT, mais SAV > HAUT.

Pour S, la comparaison entre SAV, BAS et HAUT donne les résultats suivants: (i) dans la couche 0–10 cm, SAV = BAS = HAUT, et la différence entre SAV et HAUT relevée pour C n'est plus significative pour S: en effet, Mv est plus élevée en HAUT qu'en SAV, quoique non significativement, et la variabilité de S y est plus forte que celle de C (la plus petite différence significative y est donc proportionnellement plus grande pour S que pour C); (ii) dans la couche 10–20 cm, SAV = BAS = HAUT, comme pour C, bien que Mv tende à être plus faible sous culture mécanisée; (iii) dans la couche 0-20 cm, SAV = BAS et BAS = HAUT, mais SAV > HAUT, comme pour C, notamment parce que Mv varie peu suivant le traitement.

En résumé, seuls les traitements SAV et HAUT diffèrent significativement: par rapport au témoin-savane, HAUT est caractérisé par une diminution de C dans la couche 0–10 cm, et par des diminutions de C et S dans la couche 0–20 cm.

Tests de stabilité des agrégats (fig. 2)

Les résultats sont présentés par traitement agronomique: fSAV regroupe les données obtenues sous savane, le poids des fractions MA, ME et MI étant déterminé avec huit répétitions par profondeur et par prétraitement (soit quatre répétitions sur chacune des fosses fSAV1 et fSAV3); fBAS et fHAUT sont définis de même.

TESTS AVEC PRÉTRAITEMENT DANS L'EAU FROIDE. Pour chaque traitement agronomique et chaque profondeur, les distributions de MA sont normales. Dans l'ensemble, les teneurs moyennes en MA, comprises entre 556 et 599 g kg^{-1} dans la couche 0–10 cm, entre 578 et 608 g kg^{-1} dans la couche 10–20 cm, sont relativement homogènes. Dans la couche 0–10 cm, elles sont significativement plus élevées pour fSAV que pour fBAS et fHAUT. Cette différence ne se retrouve ni dans la couche 10–20 cm, ni entre fBAS et fHAUT.

Les teneurs moyennes en MI, comprises entre 61 et 65 g kg^{-1} dans la couche 0–10 cm, entre 53 et 57 g kg^{-1} dans la couche 10–20 cm, restent faibles pour tous les traitements agronomiques. Les teneurs moyennes en ME sont comprises entre 290 et 315 g kg^{-1} dans la couche 0–10 cm, entre 313 et 334 g kg^{-1} dans la couche 10–20 cm, et varient peu suivant le traitement agronomique.

TESTS AVEC PRÉTRAITEMENT DANS L'EAU CHAUDE. Pour chaque traitement agronomique et chaque profondeur, les distributions de MA sont normales. Dans l'ensemble, les teneurs moyennes en MA sont comprises entre 579 et 619 g kg^{-1} dans la couche 0-10 cm, entre 600 et 606 g kg^{-1} dans la couche 10–20 cm. Elles ne sont pas significativement différentes des valeurs obtenues lors des tests avec prétraitement dans l'eau froide. Par ailleurs, elles ne varient pas significativement suivant le traitement agronomique; la différence entre savane et cultures, relevée dans la couche 0–10 cm lors des tests avec prétraitement dans l'eau froide, n'est plus significative ici, du fait surtout d'une plus grande variabilité au sein de chaque traitement.

Les teneurs moyennes en MI, comprises entre 60 et 67 g kg^{-1} dans la couche 0–10 cm, entre 52 et 61 g kg^{-1} dans la couche 10–20 cm, restent faibles malgré le prétraitement dans l'eau chaude, et diffèrent peu suivant le traitement agronomique. Les teneurs moyennes en ME sont comprises entre 265 et 302 g kg^{-1} dans la couche 0–10 cm, entre 306 et 312 g kg^{-1} dans la couche 10–20 cm, et diffèrent peu suivant le traitement agronomique.

Tableau 1. Taux moyens de macroagrégats stables après prétraitement à l'eau froide (MA) et résultats des analyses physiques et physico-chimiques, dans les couches 0–10 et 10–20 cm des fosses fSAV1, fSAV3, fBAS3, fBAS4, fHAUT1 et fHAUT3

	Horizon 0–10 cm						Horizon 10–20 cm					
	fSAV1	fSAV3	fBAS3	fBAS4	fHAUT1	fHAUT3	fSAV1	fSAV3	fBAS3	fBAS4	fHAUT1	fHAUT3
MA (g kg^{-1})	632	566	559	552	544	576	585	631	585	570	585	572
Argile (g kg^{-1})	524	648	603	527	611	638	740	764	711	736	721	720
Mv (Mg m^{-3})	0.90	1.01	0.96	1.00	0.98	1.07	1.07	1.13	1.15	1.13	1.07	1.00
C (g kg^{-1})	35.0	27.9	29.2	29.9	24.3	25.6	14.1	16.3	19.3	14.4	16.8	14.5
pH eau	4.35	4.60	4.60	5.00	4.90	5.50	4.25	4.40	4.10	4.45	4.25	4.45
pH KCl	3.90	4.00	4.20	4.55	4.45	5.05	4.00	4.05	3.90	4.05	3.95	4.10
Ca éch (cmol(+) kg^{-1})	1.02	0.84	3.23	4.53	3.66	4.93	0.11	0.08	0.10	0.12	0.21	1.43
Mg éch (cmol(+) kg^{-1})	0.47	0.32	0.40	0.60	0.38	0.52	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04	0.43
K éch (cmol(+) kg^{-1})	0.25	0.25	0.27	0.38	0.19	0.29	0.04	0.09	0.07	0.14	0.11	0.24
Na éch (cmol(+) kg^{-1})	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.18	0.02	0.02	0.02	0.02
Al éch (cmol(+) kg^{-1})	1.01	0.88	0.33	0.02	0.09	0.00	1.22	1.39	1.57	1.20	1.41	0.69
H éch (cmol(+) kg^{-1})	0.20	0.19	0.11	0.04	0.07	0.01	0.18	0.18	0.21	0.17	0.22	0.13
Mn éch (cmol(+) kg^{-1})	0.18	0.24	0.15	0.11	0.03	0.05	0.04	0.04	0.10	0.05	0.03	0.11
Fe libre (g kg^{-1})	33.51	32.01	36.58	33.29	33.93	32.43	31.69	38.04	37.61	41.08	34.96	37.72
Al libre (g kg^{-1})	5.27	4.90	5.58	4.98	5.41	5.07	4.71	5.76	5.66	5.74	5.22	5.61
Fe amorphe (g kg^{-1})	1.45	1.50	1.85	1.50	1.23	1.67	0.71	0.99	1.33	0.85	0.93	1.07
Al amorphe (g kg^{-1})	2.16	2.28	2.34	2.21	2.03	2.57	1.76	2.07	2.18	1.81	1.96	2.05

Relations entre paramètres physico-chimiques et teneur en macroagrégats stables (après prétraitement à l'eau froide)

Les résultats des tests de stabilité (après prétraitement à l'eau froide) sont considérés ici par parcelle: la teneur moyenne en macroagrégats stables (MA, en g kg^{-1}) est calculée sur les quatre répétitions réalisées pour chaque parcelle à chaque profondeur. Dans la population constituée par les douze prélèvements (6 parcelles × 2 profondeurs), des corrélations sont recherchées entre MA et un ou plusieurs des paramètres suivants: pH, teneurs en argile (<2 µm), carbone organique, calcium, magnésium, potassium, sodium, manganèse et protons échangeables, aluminium échangeable, libre et amorphe, fer libre et amorphe, et masse volumique. D'autres paramètres sont également pris en considération: stock de carbone organique, acidité d'échange (somme des teneurs en aluminium échangeable et en protons échangeables), aluminium et fer "oxyde" (différence entre forme libre et forme amorphe), somme des bases échangeables (SBE), somme des cations échangeables (SCE), rapports aluminium échangeable / SCE, SBE / SCE, somme des cations échangeables polyvalents / SCE, fer libre / taux d'argile. Les données sont présentées au tableau 1.

Au seuil de 5%, le seul paramètre corrélé avec MA est le taux d'aluminium échangeable, Al éch, en cmol(+) kg^{-1} (fig. 3):

$$MA = 29\ Al\ éch + 556 \text{ avec ddl} = 10 \text{ et } r = 0.61 \quad (1)$$

Le terme constant de cette équation est élevé par rapport aux valeurs de MA, comprises entre 544 et 632 g kg^{-1}. Al éch permet ainsi d'expliquer, au mieux, la stabilité de 12% des macroagrégats. La relation (1) n'est pas améliorée par la prise en compte d'une variable explicative supplémentaire indépendante de Al éch, en particulier le taux de carbone ($r = 0.70$, mais ddl = 9). Au seuil de 10%, MA est corrélée positivement à la teneur en protons échangeables ($r = 0.55$), et négativement à la teneur en calcium échangeable Ca éch ($r = -0.54$; Ca éch est corrélée négativement et très étroitement à Al éch: $r = -0.97$); mais MA n'est corrélée ni au taux de carbone ($r < 0.1$), ni aux teneurs en formes libre, amorphe ou "oxyde" du fer ou de l'aluminium ($r < 0.3$).

DISCUSSION

Carbone organique

Par rapport à la savane, cinq mois de culture mécanisée provoquent une diminution significative de C dans la couche 0–10 cm (13.5%), mais sans diminution significative de S (7%), notamment parce que la mécanisation tend à rendre ce niveau plus dense; dans le même temps, C et S diminuent significativement dans la couche 0–20 cm labourée (respectivement 8.5 et 7.5%). En revanche, les diminutions de C et S ne sont pas significatives après cinq mois de culture manuelle (7%), et ne sont jamais significatives dans la couche 10–20 cm. Par ailleurs, les différences entre les deux traitements cultivés restent faibles.

La diminution de C dans la couche 0–10 cm travaillée mécaniquement résulte principalement de la minéralisation de la MO et de sa dilution, car aucune manifestation d'érosion n'est visible sur le site expérimental. La minéralisation, activée par le brûlis et par l'aération due au travail du sol, reste toutefois peu marquée, car S ne diminue pas significativement dans la couche 0-10 cm. La dilution de la MO, qui résulte de l'homogénéisation du profil travaillé mécaniquement, est également peu marquée, car C n'augmente pas significativement dans la couche 10–20 cm. Dans la couche 0–20 cm labourée, les diminutions de C et S résultent uniquement de la minéralisation.

Les résultats obtenus sont cohérents avec ceux d'autres auteurs: dans des limons hydromorphes du Québec, la diminution de S dans la couche 0–18 cm atteint 6 à 11%, six mois environ après le retournement et la mise en culture d'une prairie, mais ne semble pas significative (Angers et al.

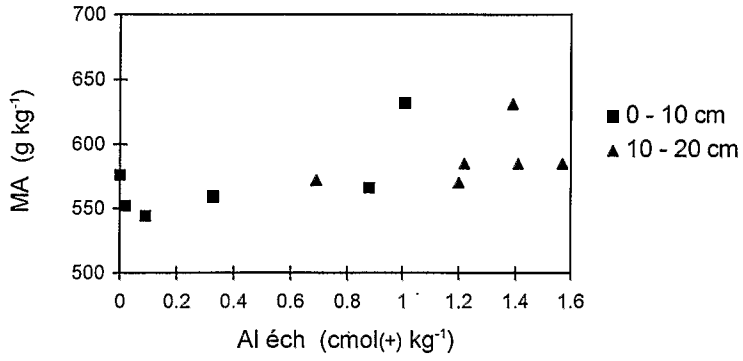

Fig. 3. Relation entre teneur en aluminium échangeable (Al éch) et taux moyen de macroagrégats stables après prétraitement à l'eau froide (MA), dans les couches 0–10 et 10–20 cm des fosses fSAV1, fSAV3, fBAS3, fBAS4, fHAUT1 et fHAUT3.

1992); dans la couche 0–20 cm d'un sol ferrallitique argileux de Sainte-Lucie, S diminue de 9% après deux années de rotation vivrière, par rapport à une jachère herbacée de quatre ans (Feller 1995). Ces résultats confirment la diminution relativement lente du stock de carbone organique dans les sols argileux cultivés avec de faibles apports organiques.

Macroagrégats stables

Les teneurs en macroagrégats stables (MA) des échantillons considérés sont élevées (>500 g kg^{-1}), comme celles de sols ferrallitiques étudiés par d'autres auteurs (Soong 1980; Oades et Waters 1991). Les tests de stabilité réalisés ici, qui associent immersion et agitation, ont principalement pour effet de fragmenter une partie des macroagrégats en méso-agrégats, avec une faible dispersion.

Ces tests (avec prétraitement à l'eau froide) montrent qu'après cinq mois de culture manuelle ou mécanisée, MA diminue significativement dans la couche 0–10 cm (7%), alors que la diminution de C y est significative uniquement sous culture mécanisée. En revanche, les variations de MA, comme celles de C, ne sont significatives ni dans la couche 10–20 cm, ni entre BAS et HAUT. La médiocre corrélation entre MA et C ($r < 0.1$) est conforme aux résultats obtenus au Québec, dans l'étude de parcelles de quatre ans sous différents systèmes de culture (Angers et al. 1993). Elle confirme la mauvaise correspondance entre les évolutions à court terme de la stabilité structurale et de la teneur en carbone organique, lors de changements dans le mode d'occupation du sol.

Parmi les MO, les composés extractibles à l'eau chaude, en particulier, ne semblent pas contribuer significativement à la stabilité des macroagrégats des sols étudiés ici. Par rapport au test avec prétraitement dans l'eau froide, le test avec prétraitement dans l'eau chaude ne provoque en effet ni diminution de MA, ni augmentation de MI (fraction dispersée). Ce résultat est en contradiction avec ceux de travaux néo-zélandais et canadiens, qui mettent en évidence des corrélations entre le diamètre médian pondéré des agrégats (MWD) et la teneur en glucides solubles à l'eau chaude (Haynes et al. 1991; Angers et al. 1993). Toutefois, ces travaux concernent des sols cultivés depuis plusieurs années, qui n'ont pas connu de longue période récente sous prairie, alors que les sols étudiés ici sont cultivés depuis quelques mois après vingt ans sous savane. Surtout, dans les sols des régions tempérées comme ceux considérés dans les travaux cités, la stabilité des agrégats semble nettement contrôlée par les MO, alors que dans les sols ferrallitiques, elle serait déterminée par les oxydes (Tisdall et Oades 1982; Oades et Waters 1991). Dans le cas étudié ici, la stabilité des macroagrégats paraît effectivement peu dépendante des MO totales ou extractibles à l'eau chaude.

Les sols étudiés ici ont des teneurs élevées en oxydes et oxyhydroxydes de fer et d'aluminium. Or, ces constituants sont susceptibles de cimenter les particules pour former des agrégats stables permanents de taille supérieure à 0.1 mm (Tisdall et Oades 1982). Par ailleurs, l'influence du fer dit libre sur la stabilité structurale des sols de la Vallée du Niari a été démontrée, en comparant notamment des savanes et des sols cultivés depuis plusieurs années (Martin 1963). Cependant, aucune corrélation significative n'a pu être établie ici entre les teneurs en macroagrégats stables et celles en formes dites libres ou amorphes du fer et de l'aluminium ($r < 0.3$). Ces dernières sont peut-être trop fortes, ou dans des gammes trop étroites, pour que ces paramètres soient discriminants.

En revanche, MA (après prétraitement à l'eau froide) est corrélé à la teneur en aluminium échangeable (Al éch). L'aluminium, en effet, joue un rôle de pont cationique entre colloïdes anioniques dans les sols acides (Oades 1990). Al éch d'une argile et le groupe carboxyle d'un anion humique, par exemple, pourraient se lier par l'intermédiaire d'une molécule d'eau, et cette liaison serait plus forte avec l'aluminium qu'avec le calcium (Theng 1979). La corrélation entre MA et Ca éch est d'ailleurs négative, quoique peu significative. Dans la couche 0–10 cm des sols étudiés, l'apport de calcaire broyé (3 t ha^{-1}), qui provoque le remplacement de l'aluminium par le calcium dans le complexe absorbant (Djondo 1994), s'accompagne ainsi d'une diminution à court terme de la stabilité des macroagrégats. La contribution de Al éch reste cependant modeste, puisqu'elle explique au mieux 12% de la macroagrégation stable des échantillons étudiés (la mise en évidence de cette contribution est facilitée par la large gamme des teneurs en Al éch, de 0 à 1.57 cmol(+) kg^{-1}, ce qui n'est pas le cas pour les formes libres ou amorphes du fer et de l'aluminium).

REMERCIEMENTS

A. Albrecht, E. Toutou-Missié et surtout C. Feller sont

remerciés pour leur aide. Ce travail a également bénéficié du concours de l'International Board for Soil Research and Management (IBSRAM) et de la Direction Générale de la Recherche Scientifique et Technique du Congo (DGRST).

Angers, D. A., Pesant, A. et Vigneux, J. 1992. Early cropping-induced changes in soil aggregation, organic matter, and microbial biomass. Soil Sci. Soc. Am. J. **56**: 115–119.

Angers, D. A., Samson, N. et Légère, A. 1993. Early changes in water-stable aggregation induced by rotation and tillage in a soil under barley production. Can. J. Soil Sci. **73**: 51–59.

CETAMA 1986. Statistique appliquée à l'exploitation des mesures. Masson, Paris, France.

Djondo, M. 1994. Propriétés d'échange ionique des sols ferrallitiques argileux de la Vallée du Niari et sableux du Plateau de Mbé-Batéké au Congo. Application à la correction de leur acidité. Thèse Doct. Univ. Paris XII.

Feller, C. 1995. La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1:1 : recherche de compartiments organiques fonctionnels. Une approche granulométrique. Collection TDM, Orstom, Paris, France.

Feller, C., Albrecht, A. et Tessier, D. 1996. Aggregation and organic matter storage in kaolinitic and smectitic tropical soils. Pages 309–359 *dans* M. R. Carter et B. A. Stewart, eds. Structure and organic matter storage in agricultural soils. Advances in Soil Science. Lewis, New York, NY.

Haynes, R. J., Swift, R. S. et Stephen, R. C. 1991. Influence of mixed cropping rotations (pasture-arable) on organic matter content, water stable aggregation and clod porosity in a group of soils. Soil Till. Res. **19**: 77–87.

Kemper, W. D. et Rosenau, R. C. 1986. Aggregate stability and size distribution. Pages 425–442 *dans* A. Klute, ed. Methods of soil analysis. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. no. 9. American Society of Agronomy et Soil Science Society of America, Madison, WI.

Mapangui, A. 1992. Etude de l'organisation et du comportement des sols ferrallitiques argileux de la Vallée du Niari (Congo). Conséquences sur l'évolution physique sous culture de manioc en mécanisé depuis 15 ans. Thèse Doct. Univ. Paris VI.

Martin, G. 1963. Dégradation de la structure des sols sous culture mécanisée dans la Vallée du Niari. Cah. ORSTOM, série Pédol. **2**: 8-14.

Monnier, G. 1994. Assemblage et organisation physique des particules. Pages 325–348 *dans* M. Bonneau et B. Souchier, eds. Pédologie. 2. Constituants et propriétés du sol, Masson, Paris, France.

Oades, J. M. 1990. Associations of colloids in soil aggregates. Pages 463–483 *dans* M. F. de Boodt, H. B. Hayes, et A. Herbillon, eds. Soil colloids and their associations in aggregates. Plenum Press, New York, NY.

Oades, J. M. et Waters, A. G. 1991. Aggregate hierarchy in soils. Aust. J. Soil Res. **29**: 815–828.

Pieri, C. 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Ministère Français de la Coopération et CIRAD-IRAT, Paris.

Rouiller, J., Souchier, B., Bruckert, S., Feller, C., Toutain, F. et Védy, J. C. 1994. Méthodes d'analyses des sols. Pages 619–652 *dans* M. Bonneau et B. Souchier, eds. Pédologie. 2. Constituants et propriétés du sol. Masson, Paris, France.

Soong, N. K. 1980. Influence of soil organic matter on aggregation of soils in peninsular Malaysia. J. Rubb. Res. Inst. Malaysia **28**(1): 32–46.

Theng, B. K. G. 1979. Formation and properties of clay-polymer complexes. Elsevier Science Publishing Co., New York, NY.

Tisdall, J. M. et Oades, J. M. 1982. Organic matter and water-stable aggregation in soils. J. Soil Sci. **33**: 141–163.

Walkley, A. et Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. **34**: 29–38.