

CAPACITE D'INFILTRATION: INDICATEUR DES RISQUES DU RUISSELLEMENT ET D'EROSION EN FONCTION DES TECHNIQUES CULTURALES

Nyobe T., Physique du sol, IRAD, B.P. 2067 Messa Yaoundé, Cameroun

Hauser, S., Physique du Sol, IITA, B.P. 2008 Messa Yaoundé, Cameroun

Abstract

More than 80% of cropped lands are prone to severe erosion due to improper soil management practices. Important quantities of soil nutrients are therefore lost by runoff, limiting their availability at the rooting zone. The objectives of this study were to (i) determine the infiltrability of some soil management practices and (ii) its importance in predicting runoff and soil loss based on additional sources of information. This study was carried out at the International Institute of Tropical Agriculture Station, Mbalmayo. A two factorial experiment, which included two tillage systems (Tillage/No-tillage) and two cropping systems (Alley/No alley) was analyzed in a RCB design with 4 replications. The four treatment combinations were: (i) till, intercropped with Maize and Cassava (T2), (ii) no-till, intercropped with Maize and Cassava (NT2); (iii) till, intercropped with Maize, Cassava and *Senna spectabilis* hedgerows (T3) and (iv) no-till, intercropped with Maize, Cassava and *Senna* hedgerows (NT3). It was found that among the treatments, NT3 significantly ($P < 0.01$) increased infiltration by 36.4% between 1995 and 1996. This result confirmed finding in a similar study, which, in addition, indicated runoff and soil loss, 8 to 21 and 57 to 127 times less on such treatment than on continuous crop or bare fallow plots. It is therefore concluded that infiltrability reflects the porosity, and therefore the runoff and erosion.

Key words: Cameroon ; Infiltrability; Runoff and erosion; cultural techniques; alfi-ultisol.

Résumé

Plus de 80% de terres cultivées sont susceptibles à l'érosion sévère du fait des pratiques d'aménagement des sols inadaptées. D'importantes quantités d'éléments minéraux sont ainsi emportées par les eaux du ruissellement limitant ainsi leur disponibilité dans la zone racinaire. Les objectifs de cette étude étaient de (i) déterminer la capacité d'infiltration de certaines pratiques d'aménagement des sols et (ii) son importance dans la prévision du ruissellement et de l'érosion, à la lumière d'autres sources d'informations. L'étude s'est déroulée à la station de l'Institut International de l'Agriculture Tropicale, à Mbalmayo. L'essai factoriel comprenait 4 combinaisons de traitements repartis en 4 répétitions: parcelle labourée, en association avec maïs-manioc (T2), parcelle non labourée, en association avec maïs-manioc (NT2), parcelle labourée, en association avec maïs-manioc-haie de *Senna* (T3) et parcelle non labourée, en association avec maïs-manioc-haie de *Senna* (NT3). Les résultats ont montré que NT3 améliore l'infiltration de 36.4% par rapport aux autres traitements. Des résultats similaires montrent que le ruissellement et les pertes en terre sont 8 à 21 et 57 à 127 fois moins importants sur un tel traitement que sur celui en culture continue ou en jachère nue. En conclusion, la capacité d'infiltration reflète la porosité et par conséquent le ruissellement et l'érosion.

Mots clés: Capacité d'infiltration; Ruissellement et érosion; Techniques culturales; alfi-ultisol. Cameroun.

Introduction

Le terme "conservation du sol" s'interprète fréquemment comme une série d'activités entreprises par l'homme en vue de contrôler le ruissellement, l'intensité de dégradation des sols, les pertes en terre et la collecte des sédiments causés par l'eau ou la gravité sur le terrain (FAO, 1985). Mises à part certaines conditions comme celles de la forêt primaire, la plupart des sols tropicaux à dominance kaolinitique et à faible teneur en matière organique présentent généralement des horizons de surface faiblement structurés quand ils sont mis en culture. Les agrégats sont faiblement développés et instables sous l'action des gouttes de pluie. En présence d'une imbibition rapide au cours d'une pluie, ces agrégats éclatent facilement en donnant naissance à un colmatage et à la formation des croûtes de surface. Ces phénomènes se rencontrent surtout quand la surface du sol est exposée ou irrégulièrement couverte par une canopée ou par la paille. C'est le cas des terrains appauvris et des jachères nues.

En plus du colmatage et de la formation des croûtes de surface, l'éluviation de la terre fine vers les horizons sous-jacents s'observe particulièrement quand le sol est perturbé soit par le labour ou par une mise en culture continue (Juo & Lal, 1977). L'obstruction des pores sous l'action du colmatage, d'encroûtement superficiel ou d'éluviation de la terre fine vers les couches profondes du profil cause une réduction de l'infiltration hydrique (Lal, 1989; Juo et al., 1977). Ce qui peut accélérer de façon significative le ruissellement et parfois même l'érosion, surtout sur les sols très peu compacts comme ceux des reliefs moyens ou nuls (Abrahams et al., 1988; Roose, Sarrailh, 1989). Ces phénomènes deviennent d'autant plus importants que les mêmes terrains sont de plus en plus cultivés et le cycle des jachères plus court (Valentin & Janeau, 1989). Quelques études menées sur les ultisols et les alfisols ont montré une baisse importante de l'infiltration due à l'obstruction des pores durant la période de culture (Juo et al., 1977; Alègre et al., 1985; Lal, 1989; Hulugalle et al., 1990; Babalola et al., 1993). Cette baisse d'infiltration serait à l'origine du ruissellement élevé, accompagné d'une érosion du sol plus ou moins importante (Horton et al., 1934; Nill, 1993).

L'érosion du sol constitue une contrainte majeure du développement agricole dans les zones d'altitude des régions humides et subhumides. Plus de 80% de terres cultivées sont sujettes à une érosion sévère due à des pratiques culturales impropres. Une telle érosion accélère la dégradation des terrains du fait des réserves limitées du sol, d'un sous-sol à la fois acide et infertile et de la contrainte financière de l'agriculteur de pouvoir substituer les pertes d'exportation par des apports extérieurs divers (Chromec et al., 1989; El-Swaify & Daugler, 1982; Mbagwu et al., 1984). Certains auteurs s'accordent à reconnaître que la couverture de la surface du sol, qu'elle soit vivante (haies de légumineuses ou de pâturage saisonnier, etc.) ou morte (paille sèche ou résidus de récolte) peuvent limiter le ruissellement et l'érosion et par conséquent améliorer l'infiltrabilité des sols (El-Swaify et al., 1988; Sabel, 1988).

Le facteur d'érodibilité K de l'équation universelle pour la prédiction de l'érosion du sol demeure un indice conventionnel pour identifier les terrains susceptibles à l'érosion. Cependant, la connaissance à long terme de l'infiltrabilité et d'autres paramètres tels que la densité apparente et la disponibilité des pores, pourraient constituer un indicateur important pour estimer la

susceptibilité des différentes pratiques culturales au ruissellement et à l'érosion. Une telle approche simple est nécessaire quand l'expertise et l'équipement sont des facteurs limitants pour l'étude d'érosion. Cette communication se propose de (i) déterminer la variation de l'infiltrabilité d'un ultisol dans le temps en fonction des techniques culturales et, par la suite (ii) son importance dans la prévision des risques d'érosion, à la lumière d'autres sources d'informations.

Matériel et méthodologie

-Milieu d'étude

Cette étude s'est déroulée entre 1995 et 1996 à Mbalmayo, au sud de Yaoundé, à la station expérimentale de l'Institut International de l'Agriculture Tropicale (IITA). Ce site est localisé entre 3°25' latitude nord et 11°28' longitude est, à 640m d'altitude du niveau de la mer. De relief peu prononcé (pentes de 1 à 15%), le site est formé des collines et parfois des monticules dérivées de termitières anciennes. La distribution pluviométrique est bimodale et caractérise la période culturale qui se répartit de mars à juin et de fin août au début décembre. La hauteur moyenne de pluies est de 1515 mm par an. Les températures sous couvert forestier sont modérées avec des variations journalières et annuelles relativement basses tandis que l'humidité relative de l'air est en permanence élevée (70-80%) (Hulugalle & Ndi, 1993; Nill, 1993). Ce qui donne naissance à une évapo-transpiration basse et des précipitations élevées, qui contribuent ainsi à conserver les sols humides. La végétation est celle d'une forêt décidue dont tout ou presque a été transformée en forêt secondaire ou en jachères de cycles variés du fait de la culture et de l'exploitation forestière. L'agriculture sur brûlis prédomine la région avec la cacaoculture d'une importance secondaire tandis qu'une gamme variée de cultures vivrières est pratiquée pour la subsistance et le marché (Ay, 1987). La végétation des jachères est prédominée par le *Chromolaena odoratum* qui constitue une source importante de litière qui aurait des propriétés améliorantes de la fertilité des sols (Obatolu & Agboola, 1991). Les sols de Mbalmayo dérivent des micaschistes. Ils sont généralement caractérisés par un horizon de surface limono-sableux suivi d'un sous-sol argileux plus ou moins bien drainé. Ce sont des Ultisols (Typic Kandiodult, du système USDA) (Hulugalle et al., 1993).

-Dispositif expérimental

L'essai factoriel comprenait:

- deux systèmes de labour: parcelles labourées (T) et parcelles non labourées (NT)
- deux systèmes de culture: association maïs - manioc (2) et association maïs - manioc - haies de *Senna spectabilis* (3).

Cet essai factoriel était analysé selon le dispositif en blocs complets randomisés avec 4 répétitions.

Les combinaisons de traitements obtenus étaient les suivantes:

- parcelle labourée, avec association maïs-manioc (T2);
- parcelle non labourée, avec association maïs-manioc (NT2);
- parcelle labourée, avec association maïs-manioc-haie de *Senna* (T3);
- parcelle non labourée, avec association maïs-manioc-haie de *Senna* (NT3).

Chaque parcelle expérimentale mesurait 24 m x 5 m. Le *Senna spectabilis* était planté à 0.25 m d'intervalle sur les lignes. Le maïs et le manioc étaient plantés en couloir avec le *Senna* à

raison de 3 plants/poquet pour le maïs (var. CMS 8704) et 1 plant/poquet pour le manioc (Var.8017). La préparation des parcelles en couloirs avant la plantation consistait à élaguer les haies du Senna à une hauteur de 0.2 m et à étaler uniformément la biomasse obtenue sur toute la parcelle. La préparation des parcelles non labourées se limitait au défrichage, à l'étalement uniforme de la biomasse sur la parcelle et à la plantation directe. Aucun engrais n'était utilisé.

-Echantillonnage du sol, tests d'infiltration et récolte.

Les échantillons de sol étaient prélevés en vrac au début de 1995 et 1996 à 0-10, 10-30 et 30-50 cm de profondeur. Ces échantillons étaient mis à sécher à l'air libre, broyés au mortier et tamisés aux mailles de 0.2 mm de diamètre. La fraction fine était utilisée pour la détermination de la texture à l'aide de l'hydromètre. Les teneurs du limon et de l'argile étaient ainsi déterminées pour chaque traitement.

Les cylindres de 100 cm³ de terre étaient prélevés sur chaque parcelle à tous les 5 cm d'intervalle dans des mini-fosses de 50 cm de profondeur. Ces échantillons étaient soumis à la dessiccation à l'étuve à 105°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant et utilisés pour la détermination de la densité apparente et de la porosité totale. La densité apparente (Da) était calculée suivant la formule:

$Da \text{ (g/cm}^3\text{)} = Ms / Va$, où Ms est la masse du sol sec (grammes) et Va le volume apparent du cylindre (cm³).

La porosité totale (P) était calculée à partir de la relation entre la densité apparente (Da) et la densité réelle de la particule (Dp) suivant la formule:

$P \text{ (%) } = (1 - Da / Dp) * 100$.

Deux tests d'infiltration, d'une durée de 2 heures, étaient effectués sur toutes les parcelles expérimentales au début de la saison sèche en 1995 et 1996 utilisant la méthode de deux cylindres. Ces cylindres de 30 et 40 cm de diamètre étaient placés au milieu de chaque parcelle en les enfonçant verticalement dans le sol à une profondeur de 15 cm à l'aide d'une masse plastique. Une mince couche de paille sèche était placée au fond du cylindre interne pour éviter toute perturbation du sol durant à l'application de l'eau. Au terme de tous les tests, les hauteurs cumulées de l'infiltration en fonction du temps étaient déterminées pour chaque traitement en vue de l'analyse statistique.

Après avoir isolé une ligne de part et d'autre de la bordure, les épis de maïs et les tubercules de manioc étaient récoltés, égrainés (maïs) et découpés en rondelles (manioc), puis séchés à l'étuve à 80° C jusqu'à 10% d'humidité. Ces échantillons ensuite pesés pour calculer leur rendement par hectare.

Les données de teneurs de l'argile et du limon ainsi que celles de la porosité totale et des rendements étaient utilisées comme support pour interpréter la variation de l'infiltration.

-Analyse statistique

L'analyse de variance des données sur les teneurs de l'argile et du limon, la porosité totale et l'infiltration cumulée, était effectuée selon le dispositif expérimental défini plus haut en appliquant la méthode de linéarité générale (General Linear Model) adaptée au système SAS (Statistical Analysis System). Le test de signification des moyennes de traitements ainsi que leur

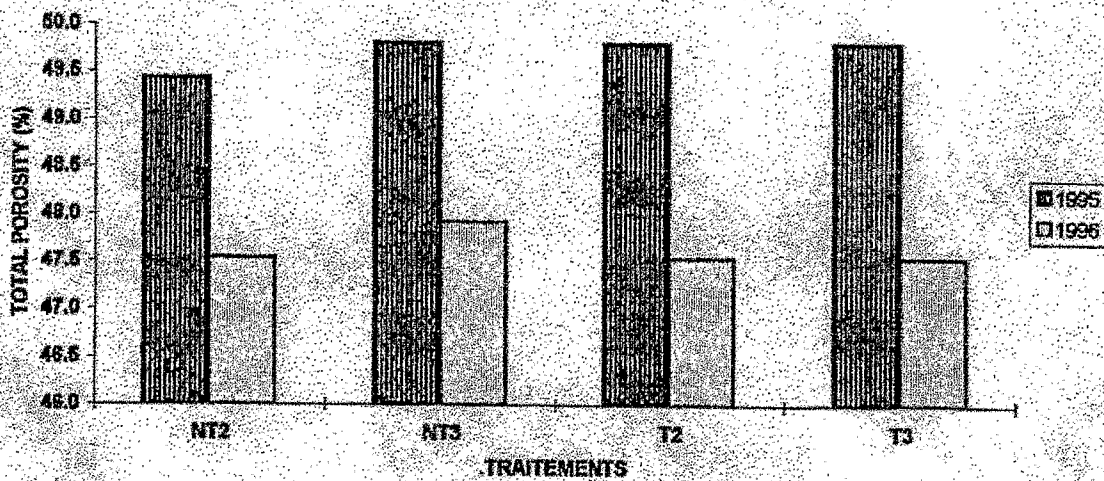


Fig.1. Influence du labour avec ou sans haies du *Senna spectabilis* sur la porosité totale (NT2=parcelle non labourée; NT3= parcelle non labourée avec *Senna*; T2= parcelle labourée; T3= parcelle non labourée avec *Senna*).

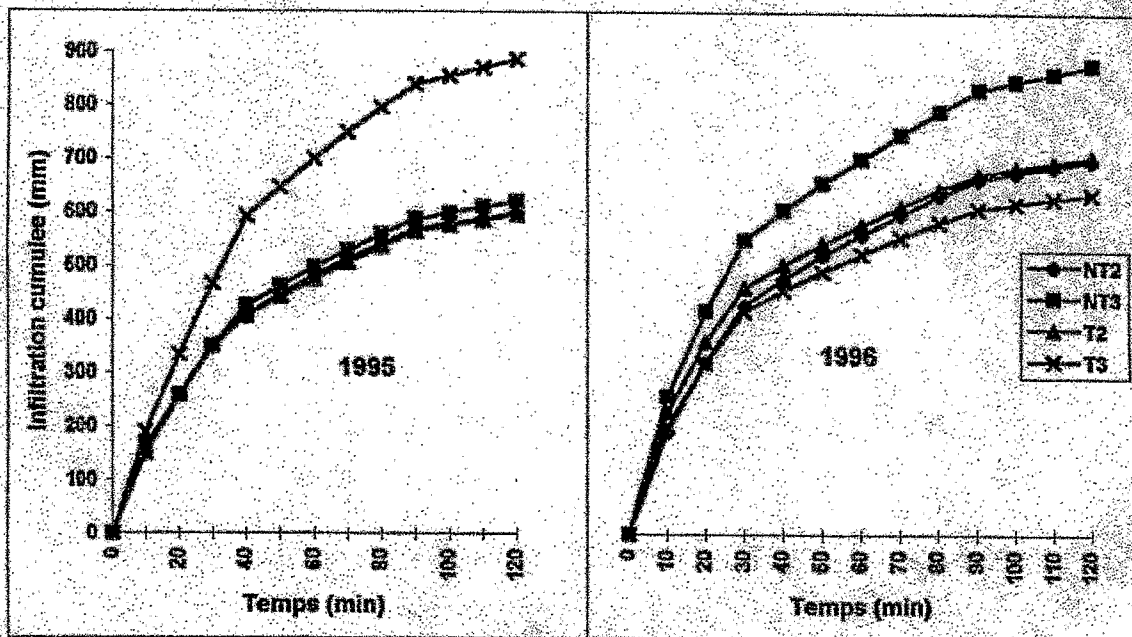


Fig.2. Influence du labour avec ou sans haies du *Senna spectabilis* sur l'infiltration (NT2=parcelle non labourée; NT3= parcelle non labourée avec *Senna*; T2= parcelle labourée; T3= parcelle non labourée avec *Senna*).

séparation étaient effectués par le test de Duncan (Duncan's Multiple Range Test).

Résultats

-Teneur en limon et en argile, porosité totale et infiltrabilité

La teneur du limon entre les parcelles n'était pas statistiquement différente en 1995, ni en 1996. Par contre, celle de l'argile était significative ($P < 0.05$) sur les parcelles NT2 (42.3%) et T2 (42.0%) en 1996. Cependant l'allure générale de la teneur en limon et en argile entre 1995 et 1996 était respectivement celle d'une baisse et d'une hausse. La baisse de la teneur du limon, de l'ordre de 7.2, 22.0, 20.3, et 22.1%, était observée respectivement sur T3, T2, NT3 et NT2. Par contre, une hausse de la teneur de l'argile, de l'ordre de 5.0, 18.1, 30.9 et 12.8 et % était observée sur ces mêmes parcelles pendant la même période.

La Fig.1 montre la variation de la porosité totale sur les différentes parcelles entre 1995 et 1996. De même que le limon, la porosité n'était pas significative entre les parcelles durant les différentes périodes de prélèvement. Cependant, les variations de la porosité entre ces 2 périodes de prélèvement étaient substantielles, indiquant une baisse générale de la porosité entre 1995 et 1996. Cette baisse était sensiblement plus grande sur les parcelles labourées (4.6%) que sur celles non labourées (3.8%).

La Fig.2 montre la variation de l'infiltration sur les différentes parcelles en 1995 et 1996. L'infiltration moyenne de 1995 était statistiquement plus élevée sur la parcelle T3 (738.7 mm) que sur les autres parcelles, qui étaient similaire dans l'ensemble. Les données d'infiltration entre 1995 et 1996 montrent une baisse significative de cette infiltration sur T3 (406.2 mm) par rapport à la parcelle NT3 (549.6 mm) associée aux haies de *Senna*, indiquant une détérioration de l'infiltration probablement due au labour de la parcelle T3.

-Récoltes/ Rendements

Les rendements moyens du maïs n'étaient significatifs ($P < 0.05$) qu'entre T2 et T3 dans l'ordre T3 (1.4 t/ha) > T2 (1.09 t/ha) alors que ceux du manioc étaient significatifs ($P < 0.01$) entre NT2 (5.2 t/ha) et NT3 (4.4 t/ha) dans cet ordre.

Discussion

L'étude sur les systèmes de travail du sol avec ou sans cultures en couloir indique que l'infiltration diminue substantiellement sur toutes les parcelles sauf sur la parcelle (NT3) non labourée associée à la culture en couloir avec le *Senna spectabilis*. L'infiltration de cette parcelle croît de 36.3% entre 1995 et 1996. A l'origine de cette hausse, l'analyse statistique montre une baisse générale de la teneur du limon entre 1995 et 1996 sur toutes les parcelles mais à un degré très moindre sur la parcelle non labourée (NT3) associée à la culture en couloir que sur les autres parcelles. Par contre, pendant la même période, la variation de la teneur de l'argile indique une baisse sur toutes les parcelles (T2, T3 et NT2) sauf sur NT3. La hausse de la teneur de l'argile sur

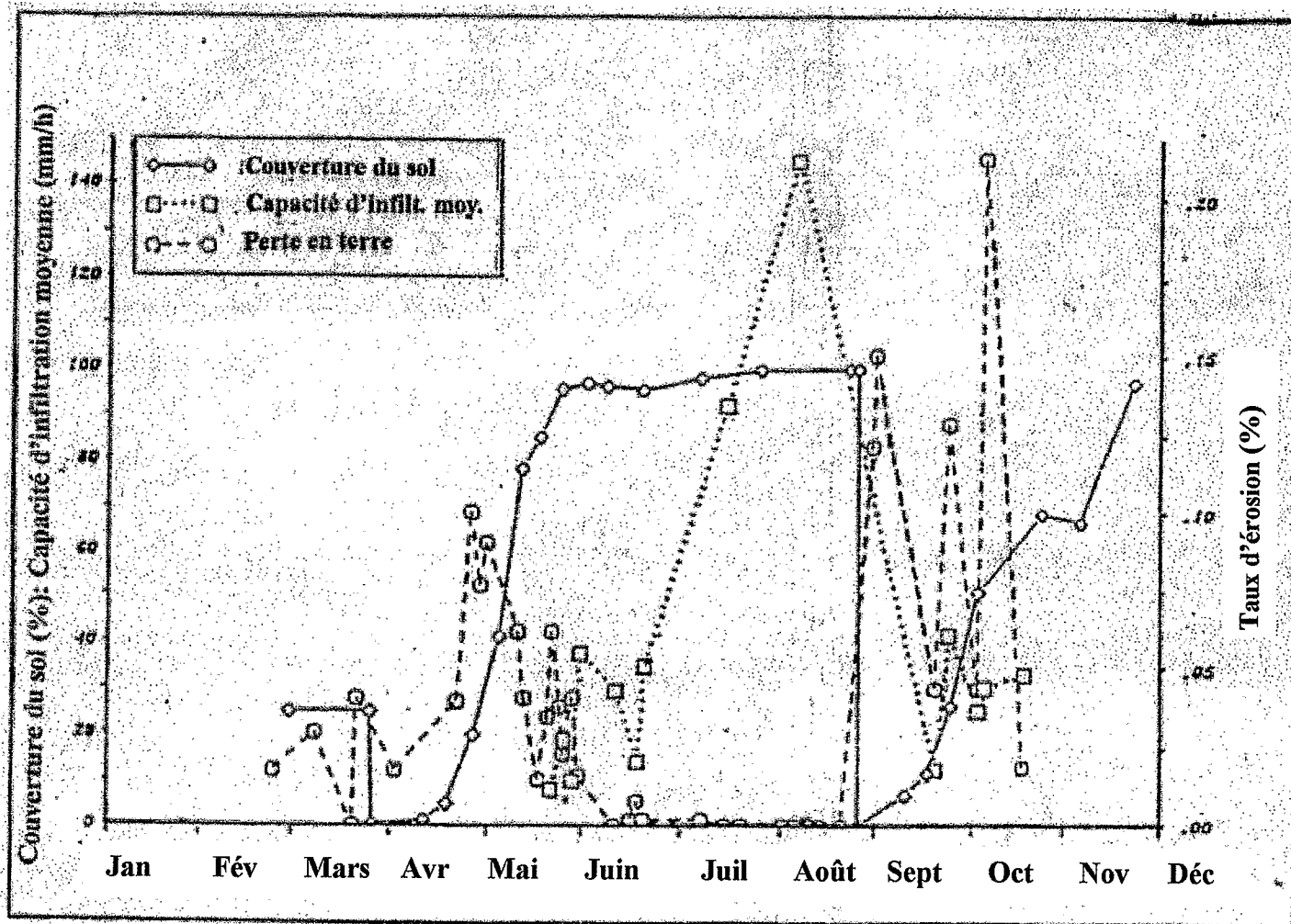


Fig. 3. Couverture du sol, capacité d'infiltration moyenne et ^{perdes} en terre
(source : Sabel Koschella, 1988)

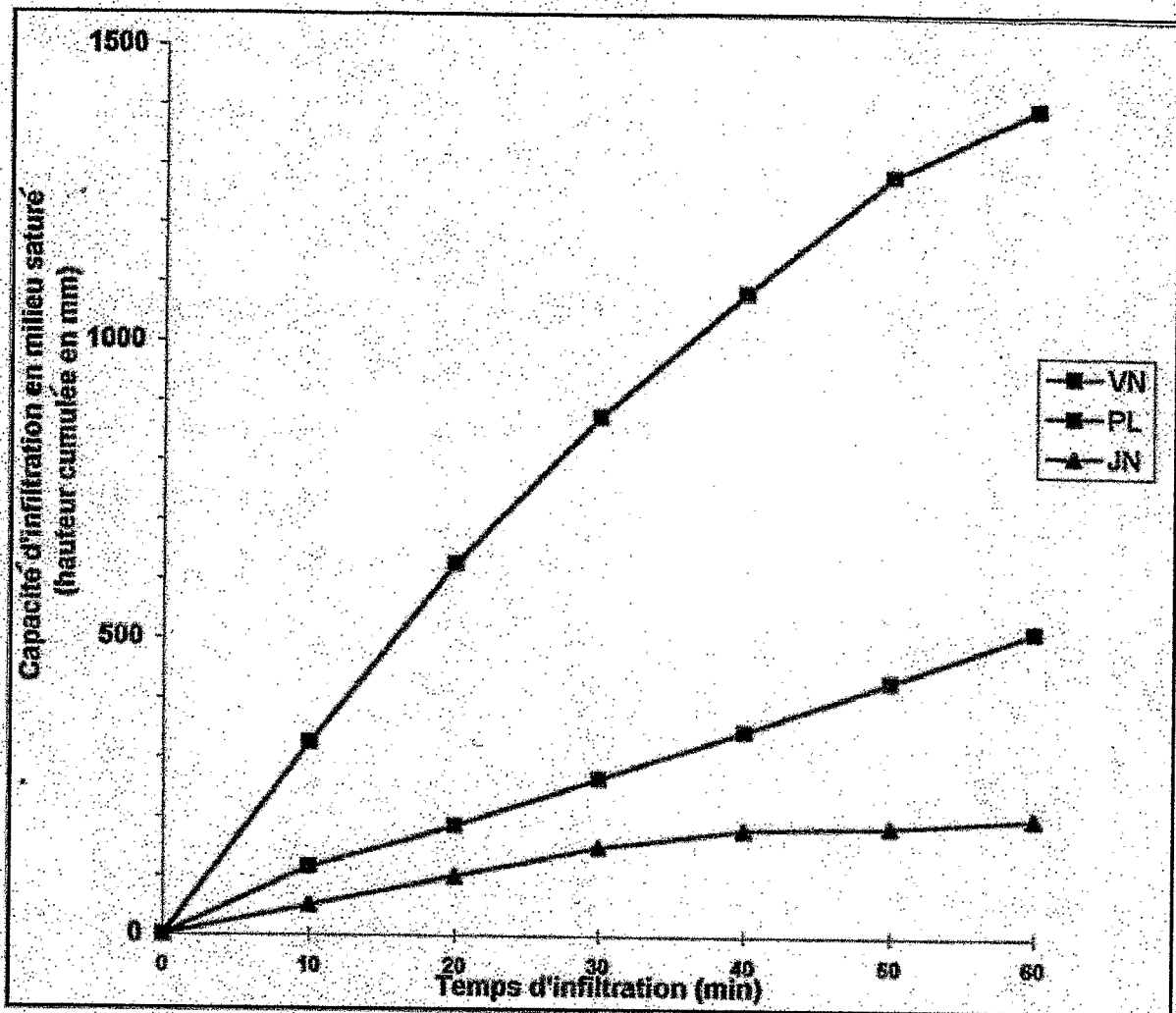


Fig.4. Effet de l'aménagement et de la végétation sur la capacité d'infiltration (VN=Végétation naturelle; PL=parcelle labourée; JN=jachère nue).

NT3 suggère un mouvement intense de l'argile des couches profondes vers la surface grâce à une forte activité des vers de terre. Ces derniers améliorent la structure et la porosité du sol. Ce qui limite le risque au colmatage, à l'encroûtement et, par conséquent minimise le risque du ruissellement et de l'érosion (Lal, 1976, Hulugalle et al., 1990). Par contre la baisse des teneurs de l'argile et du limon sur T3 suggère une accumulation de cette fraction fine dans les couches sous-jacentes du profil. Ce qui implique une obstruction des pores de transmission de l'eau et par conséquent une importante diminution de la porosité totale sur les parcelles labourées par rapport à celles non labourées. Lal (1975) a rapporté une observation similaire sur un alfisol à la deuxième année de culture. Par contre l'infiltrabilité s'est améliorée de manière significative sur les parcelles non labourées associées à la culture en couloir, du fait d'une forte activité biologique grâce aux

Table 1: Effet du système de culture sur le ruissellement et les pertes en terre d'un ultisol de décembre 1988 à mars 1993.

Traitement	Ruissellement		Perte en terre	
	Total (mm)	Moyenne (mm/an)	Total (Mg/an)	Moyenne (Mg/ha/an)
Culture continue	1080	249	228.5	52.77a
Culture en couloir	133	31	4	0.92
Forêt secondaire	16	4	0.83	0.19
Jachère nue	2865	662	505.4	116.72

Pluies totales: 8710mm en 52 mois. (Source: Alegre & Cassel, 1994)

résidus du *Senna spectabilis* sur le sol.

Les effets bénéfiques de la culture sans labour associée ou non à la culture en couloir sur l'infiltration ont été longtemps rapportés par Lal (1974, 1975), Aremu (1980), Ball (1985), Maurya (1986) et plus récemment encore par Kang et al. (1989) et Hulugalle et al. (1990). Philips et al. (1980) conclut même que la culture sans labour présente des avantages incontestables pour la conservation des sols tropicaux fragiles. Il est donc évident que la culture sans labour associée à la culture en couloir avec le *Senna spectabilis* présente des conditions du sol plus favorables à l'infiltration grâce à la matière organique abondante, à une forte activité des macrofaunes. Un tel système minimiserait le ruissellement et les pertes en terre comme le rapporte Lal (1976). La limite de cette étude aux seules données d'infiltration nous oblige de recourir aux recherches similaires mais plus complètes comme celles effectuées par Sabel (1988) et Alègre et al. (1994), respectivement sur les Alfisols et les Ultisols.

Sabel (1988) montre que le taux d'érosion est d'autant plus important que l'infiltration est nulle ou presque en absence d'une couverture du sol est faible. Le taux d'érosion ne commence à décroître que lorsque la couverture du sol est au moins à 30% et ce taux tend à être nul lorsque la couverture est à 100% (Fig.3). Ce qui suggère qu'une couverture du sol adéquate peut minimiser les pertes en terre et, par conséquent favoriser l'infiltration hydrique.

Dans une autre recherche sur l'effet de la végétation naturelle, des surfaces cultivées et de la jachère nue sur l'infiltration d'un alfisol, Sabel (1988) montre qu'un sol couvert de végétation naturelle infiltre généralement plus d'eau qu'un sol nu. Il indique qu'un sol de jachère de forêt naturelle (1410 mm/h) infiltre 7 fois plus d'eau qu'une jachère nue encroûtée (210 mm/h). Quand il est labouré ou cultivé, ce même sol n'infiltre que 450 mm/h (Fig.4). Contrairement à l'infiltration élevée sous couvert végétal, Alègre & Cassel (1994) rapportent dans une étude similaire sur un ultisol des valeurs nettement inférieures du ruissellement et des pertes en terre (Table 1). Les variations du ruissellement et des pertes en terre sont de l'ordre: Jachère nue > Culture continue > Culture en couloir > Forêt secondaire, indiquant un ruissellement et une perte en terre de l'ordre de 8 à 21 et 57 à 127 fois plus grande en culture continue ou en jachère nue qu'en culture en couloir. Ce qui implique qu'à une infiltration élevée correspondent des valeurs faibles du ruissellement et de perte en terre.

Ce résultat, qui montre ainsi que l'infiltrabilité reflète la porosité d'un sol et détermine l'intensité du ruissellement et de l'érosion. Ce qui permet de conclure que - sauf dans le cas de l'état naturel de saturation des sols stables - l'infiltration pourrait servir d'indicateur de la susceptibilité de certaines techniques culturales au risque d'érosion. Ne pouvant substituer des méthodes de mesures conventionnelles, comme celles utilisées pour le ruissellement ou l'érosion, elle se propose comme une méthode peu complexe pour estimer, d'une manière approximative, la susceptibilité de certaines techniques aux risques d'érosion.

Bibliographie

- ALEGRE, J.C., CASSEL, D.K., DALLE BANDY, SANCHEZ, P.A., 1986 - Effect of land clearing on soil properties of an Ultisol and subsequent crop production in Yurimaguas, Peru. In: Land clearing and development in the tropics by Lal, R. And Sanchez, P.A. Publ. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands
- ALEGRE, J.C., D. KEITH CASSEL (1994) - Soil physical dynamics under slash-and-burn Agriculture. 15 th International Soil Science Congress. Acapulco, Mexico, 1994. P. 47-67.
- AREMU, J.A., 1980 - Effect of different cultivation techniques on infiltration. M.Sc. thesis, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria.
- AY, P., A. FOAGUGUE, A., NOUNAMO, L., BERNARD, M., MANKOLO, R., THE, C. 1987 Exploratory Survey and Establishment of IRA/ IITA/ IDRC on-farm Research work in villages of Yaounde and Bikok Areas, IRA, Yaounde, Cameroon.
- BABALOLA, O., OPARA-NADI, O.A., 1993 - Tillage systems and soil properties in west Africa. Soil and Tillage Research 27: 149-179.
- BALL, B., 1985 - Root distribution and nutrient cycling of some shrubs suitable for alley cropping in the humid tropics. M. Sc. Thesis. University of Guelph, Ontario, Canada.
- CHROMECC, F.W., EL-SWAIFY, S.A. & LO, A.K.F. (1989) - Erosion problems and research in Hawaii. In: Crouch, R.J. & Collison, J. E. 1989 - An air-injected, single nozzle rainfall simulator, designed for use on gully sides. Australian J. Soil Water Cons.2, 3: 37-39.
- EL-SWAIFY, S.A., & DANGLER, E.W. (1982) - Rainfall erosion in the tropics: A state of the art. In: Soil erosion and conservation in the tropics. Soil Sci. Am. Spec. Publ.43: 1 - 25.

- EL-SWAIFY, S.A., LO, A., JOY, R., SHINSHIRO, L., YOST, R.S., 1988 - Achieving conservation - effectiveness in the tropics using legume intercrops. *Technology 1*: 1 - 12.
- F.A.O., 1985 - "Assessment and land Evaluation for soil conservation policy". Report on a workshop on policies on soil and water conservation, 25-27 th January 1983, Land and Water 23: 15-18.
- HORTON, R.E., LEACH, H.R. & Van VLIET, R. 1934 - Laminar sheet-flow. *Amer. Geophys. Union Trans.* 2: 393-404.
- HULUGALLE, N.R., LAL, R., and GICHURU, 1990 - Effect of five years of no-tillage and mulch on soil properties and tuber yield of Cassava on an Ultisol in South-eastern Nigeria. *Expt. Agric.* vol. 26, PP. 235 - 240.
- HULUGALLE, N.R., NDI, J.N., 1993 - Contributory factors to soil spatial variability in an Ultisol. II. Retention of living trees in-situ following land clearing. *Commun. Plant Anal.*, 24 (11& 12): 1409-1419.
- JUO, A.S.R., A. MANU 1977 - The effect of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an Alfisol in western Nigeria. *Plant & Soil* 47, 567-584.
- KANG, B.T., GHUMAN, B.T., 1989 - Alley cropping as a sustainable crop production system. Paper presented at the International workshop on Conservation Farming on Hillslope, Taichung, Taiwan, 20-29 March, 1989.
- KLADIVKO, E.J., A. D. MACKAY, J.M. BRAFORD, 1986 - "Earthworm as a factor in the reduction of soil crusting". *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50, 191 - 196.
- LAL, R., 1974 - Soil temperature, soil moisture and maize yield from mulched and unmulched tropical soil. *Plant and Soil* 40: 128-143.
- LAL, R., 1975 - Role of mulching techniques in tropical soil and water management. IITA Technical bulletin No. 1. IITA, Ibadan
- LAL, R., 1976 - No-tillage effects on soil properties under different crops in western Nigeria. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 40: 762-769.
- LAL, R., 1989 - Agroforestry systems and soil surface management of a tropical Alfisol. 1. Soil moisture and crop yields. *Agrofor syst.* 8: 7 - 29.
- MAURYA, P.R., 1986. Effect of tillage and residue management on maize and cowpea yield and on physical properties of an irrigated sandy loam soil in northern Nigeria. *Soil Tillage Res.* 8: 161-170.
- MBAGWU, J.S.C., LAL, R. & SCOTT, T.W. 1984 - effects of desurfacing of Alfisols and Ultisols in southern Nigeria: I. Crop performance. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 828 - 833.
- NILL, D., 1993 - Soil erosion from natural and simulated rain in forest-savannah and highland areas of humid and subhumid West Africa and influence of management. *Lehrstuhl für Bodenkunde-Technische Universität München-Weihen-Stephan.* West Germany.
- OBATOLU, C.R., AGBOOLA, A.A., 1991 - The potential of Siam weed (*Chromolaena odorata*) as a source of organic matter for soils in the humid tropics. In: Mulongoy, K., Merckx (eds.). *Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture.* PP. 89-99.
- PHILIPS, R.E., BLEVINS, R. L., THOMAS, G. W., FRYE, W. W., PHILIPS, S.H., 1980 - No-tillage Agriculture. *Science* 208: 4439-4451.
- ROOSE, E. & SARRAILH, J.M. 1989 - Erodibilité de quelques sols tropicaux. Vingt années de mesure en parcelles d'érosion sous pluies naturelles. *Cah. ORSTOM, Ser. Pédol.* 25, 1-2: 7-30.
- SABEL-KOSCHELLA, U. 1988 - Field study on soil erosion in the southern guinea Savanna of Western Nigeria. Ph.D thesis, *Lehrstuhl für Beiträge trop. Landwirtsch. Veterinärmed.* 26, 2: 117- 125.
- VALENTIN, C. & JANEAU, J.L. 1989 - Les risques de dégradation structurale de la surface des sols en savane humide (Côte d'Ivoire). *Cahier ORSTOM, Ser. Pédol.* 25, 1-2: 41-52.

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

Nyobe, T.; Hauser, S. - Capacité d'infiltration : indicateur des risques du ruissellement et d'érosion en fonction des techniques culturales, pp. 224-234, Bulletin du RESEAU EROSION n° 19, 1999.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr