

INFLUENCE DE LA LITIÈRE SUR LA GÉNÈSE DU RUISSELLEMENT ET DE L'ÉROSION HYDRIQUE DANS LES PLANTATIONS D'EUCALYPTUS DES PLATEAUX CÔTIERS DU CONGO

Léonard SITOUP et Brice MAYIMA*

*Département de Géographie, Laboratoire de Géographie Physique, Faculté
des Lettres et des Sciences Humaines, Université Marien NGOUABI, Congo*

* Correspondance, e-mail : mayimawegner@yahoo.fr

RÉSUMÉ

L'objectif visé par cette étude est d'évaluer l'influence de la litière sur la genèse du ruissellement et sur l'érosion hydrique dans les plantations d'eucalyptus des plateaux côtiers du Congo. Pour cela, le ruissellement et les pertes en terre ont été quantifiés sous pluie naturelle, dans quatre parcelles d'érosion de 90 m², installées à Kondi et suivies durant deux années d'observations. Les états de surfaces qui influent sur ce comportement ont été étudiés par la méthode des points quadra. Les résultats obtenus indiquent que sous plantations les sols ont un taux de couverture par la litière et de fermeture plus importants que sous savanes naturelles. Ces états de surface intimement liés à la litière favorisent les ruissellements, mais protègent les sols de l'érosion mécanique. Les coefficients de ruissellement varient de 8,3 à 17,5 % sous plantations d'Eucalyptus, mais sont inférieurs à 1 % sous savanes naturelles. Par contre, l'érosion varie de 0,02 t/ha/an à 0,99 t/ha/an sous Eucalyptus et est supérieure à 1 t/ha/an sous savane.

Mots-clés : *Congo, eucalyptus, érosion hydrique, litière, parcelle d'érosion, ruissellements.*

ABSTRACT

Influence of litter on the genesis of runoff and water erosion in eucalyptus plantations coastal shelf of Congo

The objective of this study was to evaluate the influence of litter on runoff genesis and water erosion under eucalyptus plantations on Congo coastal shelf.

Léonard SITOUP et Brice MAYIMA

Runoff and soil loss were quantified under natural rainfall on four 90 m² erosion plots, at Kondi site during two years period of observations. The states of surfaces influencing this water behavior were studied by the so called method of “points quadra”. The results indicate that soils under plantations have degree of coverage and closure rate more important than under natural savannahs. These surface conditions closely related to the presence of natural litter favors runoff, but protect the soil from mechanical erosion. Runoff ratios vary from 8.3 to 17.5 % in plantations, but drop under 1 % in natural savannah. On the other hand, erosion ranges from 0.02 t to 0.99 t / ha / year in plantations and overpass 1 t / ha / year under savana.

Keywords : *Congo, eucalyptus, water erosion, litter, land erosion, runoff.*

I - INTRODUCTION

Autour de Pointe-Noire, en République du Congo, les plateaux côtiers, aux sols sableux pauvres et profonds, font actuellement l’objet d’un programme d’afforestation par des eucalyptus clonaux, en remplacement progressif des savanes originelles. Afin d’évaluer l’influence de cet écosystème nouveau et de réfléchir sur les moyens de sa pérennisation, plusieurs études hydrologique, agro pédologique, géochimique ont été menées [1-4]. C’est dans ce cadre que se situe la présente étude géomorphologique. En 2010, des observations de terrain et des mesures effectuées sous pluie simulée sur des mini-parcelles expérimentales de 1 m² nous ont permis de quantifier les ruissellements et l’érosion sur plusieurs types de surfaces qui se développent dans ces plantations [5]. Après avoir étudié le rôle des feux de brousse dans le développement des ruissellements [6], nous avons analysé, dans cette étude, celui de l’importante litière qui se constitue naturellement sous ces massifs forestiers. En effet, si plusieurs études montrent l’efficacité du couvert végétal à protéger les sols contre l’érosion hydrique à travers plusieurs variables [7-10], peu de recherches se sont intéressées au rôle que peut jouer la litière d’eucalyptus dans la genèse du ruissellement et de l’érosion. C’est l’objet de cette étude.

II - PRÉSENTATION DE LA ZONE D’ÉTUDE

La zone d’étude est située à 4°34’45,0’’ degrés de latitude sud et 11°54’20,8’’ degrés de longitude Est, à 40 km au nord de la ville de Pointe-Noire, (*Figure 1*).

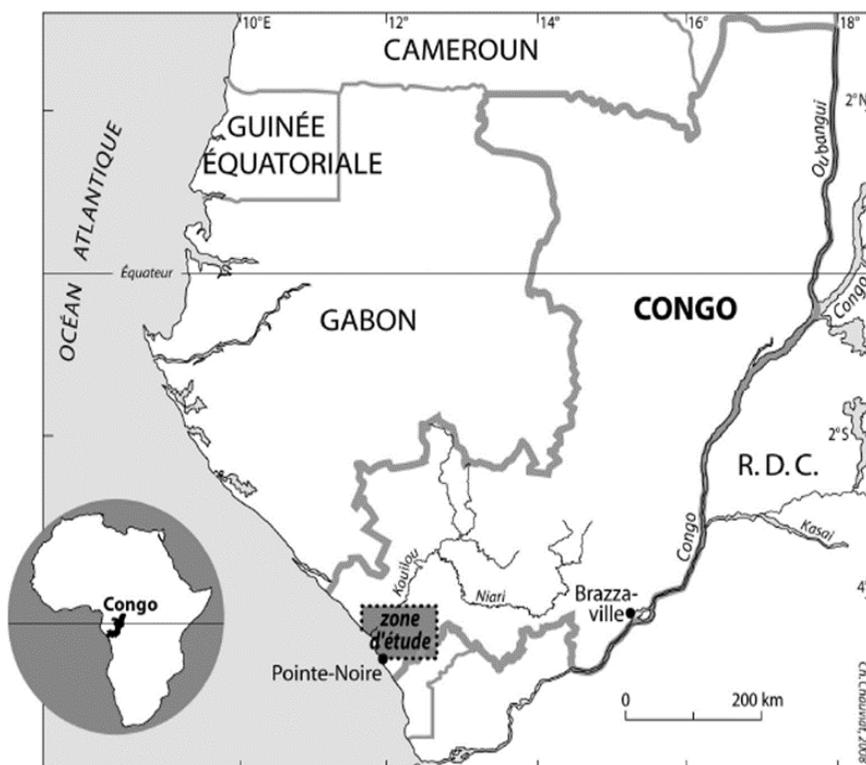


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

C'est un plateau tabulaire faiblement ondulé mais découpé, à certains endroits, par des vallées humides assez profondes et d'énormes cirques d'érosion datant du Quaternaire [11]. Ce plateau côtier est façonné dans une formation sédimentaire dénommée « série des cirques » d'une épaisseur d'environ 150 à 200 m, mise en place au Plio-Pléistocène. Sur ce substrat géologique se sont développés des sols de type ferrallitique très sableux, avec plus de 90 % de sables fins et moins de 7 % d'argile [3]. Ces sols sont très pauvres en éléments organiques et peu consolidés, ce qui est une des causes de leur fragilité et de leur sensibilité vis-à-vis du ruissellement et de l'érosion hydrique. La zone d'étude est soumise à un climat tropical humide [12] qui se caractérise principalement par une alternance de deux saisons bien contrastées : la saison des pluies et la saison sèche. La première, la plus longue, dure environ huit mois (d'octobre à mai). Pendant cette période, la pluviométrie moyenne mensuelle atteint 220 mm d'eau (2004 – 2013) (Figure 2).

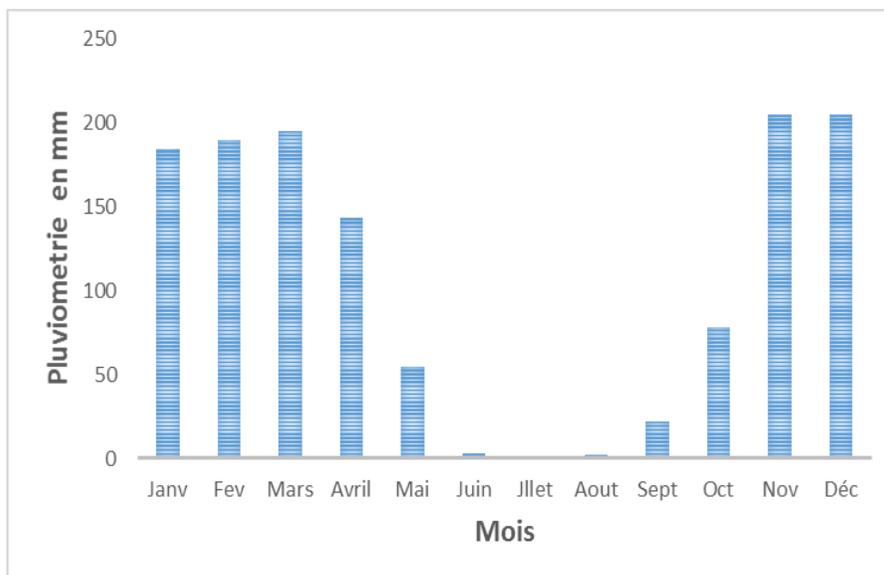


Figure 2 : Pluviosité mensuelle à Kondi (2004-2013)

Les intensités maximales des pluies journalières dans la zone atteignent chaque année 100 mm/jour de 70 mm/h, avec des intensités instantanées parfois fortes notamment au cours des trente (30) premières minutes. La deuxième saison dure quatre mois (juin à septembre) caractérisé par un arrêt presque complet des pluies pendant les trois premiers mois. La végétation de la zone d'étude est constituée de savanes et de forêts. Les savanes sont à dominance *Loudetia arundinacea*, *Annona senegalensis*, *Hypparhenia Sp.* et *hymenocardia – acida*. Les forêts sont naturelles et artificielles. Les forêts naturelles existent sous formes de reliques et sont localisées dans les bas-fonds et les vallées. Par contre, les forêts artificielles sont composées essentiellement d'eucalyptus hybrides et de pins introduits récemment par l'homme sur ces plateaux côtiers.

III - MATÉRIEL ET MÉTHODES

III-1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un réseau de quatre parcelles d'érosion de 15 mètres de long sur 6 m de large, soit une superficie de 90 m² ; elles sont installées respectivement sur des pentes de 7 %, 8 %, 12 % et 25 %. Les quatre parcelles sont respectivement sous une plantation jeune (moins de trois ans), sous une vieille plantation (plus de 7 ans), sous un taillis (environ 5 ans) et sous savane.

La plantation jeune (EJR) a une litière en pleine constitution composée d'un tapis de feuilles mortes qui le tapit directement sur le sol en le couvrant moyennement. Le taillis a une litière épaisse qui couvre totalement le sol. Sa partie inférieure est en décomposition. La vieille plantation a une litière très épaisse constituée de deux couches dont l'une en surface composée d'un tapis de feuilles mortes mélangées à des débris de branchettes et d'écorces d'eucalyptus sèches reposant sur de l'humus. (*Photos 1 et 2*). Les parcelles sont isolées de l'extérieur par des morceaux de tôles de 9cm fichées en terre sur une profondeur de 5 cm pour isoler le dispositif des eaux extérieures.



Photo 1 : *Litière constituée par un tapis de feuilles mortes mélangées à des débris de branchettes et d'écorces sèches sous l'hybride PF1-41 à Kondi*



Photo 2 : *Humus épais sous-jacent à litière (Cliché MAYIMA, 2012)*

Le dispositif récepteur des eaux du ruissellement est constitué de deux cuves reliées à un partiteur. La première cuve (Cuve A) est destinée à recueillir le ruissellement de la parcelle. C'est une cuve cimentée de 2 mètres de long, 80 cm de large et 50 cm de profondeur, soit un volume de 0,8 m³, réalisée en parpaings (*photo 3*)



Photo 3 : Cases d'érosion 90 m² installée à Kondi (Cliché, MAYIMA, 2012)

III-2. Méthodes

III-2-1. Evaluation des états de surface

Les états de surface sont les variables explicatives de la genèse du ruissellement. Ils sont constitués de la couverture du sol (surface nu ou couverte par un objet) et de son taux d'ouverture (sol aéré qui correspond à une formation meuble, très tendre ou surface fermée qui correspond à un sol cohérent ou tassé ou compacté). De ce fait, les états de surface d'un sol conditionnent son comportement hydrodynamique c'est-à-dire vis-à-vis du ruissellement et de l'érosion [13]. Ils ont été évalués dans chaque parcelle par la méthode des points quadra développée par [14] : le long d'une ligne joignant les deux largeurs de la parcelle, on pointe sur la surface du sol un crayon, tous les 20 cm, sans trop presser et sans visser. Au point de contact avec le sol, on note l'état de surface rencontré sur une fiche. A partir des relevés, on calcule le pourcentage de chaque état de surface à partir des formules suivantes :

$$\text{sol nu en \%} = \frac{\text{nombre de points dont le sol est nu}}{\text{nombre total des points observés}} \quad (1)$$

$$\text{sol ouvert en \%} = \frac{\text{nombre de points dont le sol est ouvert}}{\text{nombre total des points observés}} \quad (2)$$

Le pourcentage du sol couvert est déduit de celui du sol nu et de celui du sol fermé à partir de celui du pourcentage du sol ouvert.

Les analyses de laboratoire ont été réalisées à Brazzaville, aux laboratoires du Groupe de Recherche sur les Sciences Exactes et Naturelles (GRSEN) et du Bureau de Contrôle du Bâtiment et des Travaux Publics (BCBTP). Elles ont porté principalement sur la détermination des matières en suspension (MES).

III-2-2. Calcul du ruissellement

Le ruissellement est la fraction des eaux des pluies qui échappe à l'infiltration dans le sol. Il est recueilli au bas de la parcelle expérimentale et s'exprime en millimètres puis en pourcentage de la hauteur de la pluie. Le ruissellement est évalué à partir des mesures de hauteur d'eau recueillie dans chacune des cuves après chaque événement pluvieux. On calcule le volume ruisselé (V_r) en appliquant la formule suivante :

$$V_r = V_A + \frac{V_B \times 100}{C_b} - V_P \quad (3)$$

avec : V_A : Volume recueilli dans la cuve A ; V_B : Volume recueilli dans la cuve B ; C_b : Coefficient d'échantillonnage de la cuve B (fractionnement lié au partiteur) ; V_P : Volume de pluie tombée directement dans la cuve A non couverte.

$$V_P = P \times S_A \times C_p \quad (4)$$

Avec : P : Hauteur de pluie ; S_A : Surface de la cuve A ; C_p : Coefficient de majoration de la pluie directe dans la cuve A.

Le coefficient C_p est constitué de la quantité de la pluie qui tombe sur les bordures de la cuve A dont les murs ont 12 cm de large. On considère qu'un événement déclenche le ruissellent si : $H_A \geq C_p \times P$, La lame ruisselée L_r est alors :

$$L_r = \frac{V_r}{S_P} \quad (5)$$

Avec : S_P : Surface de la parcelle

Le coefficient de ruissellement de l'événement K_r est :

$$K_r = \frac{L_r}{P} \quad (6)$$

Au cours des deux années d'expérimentations, 43 évènements pluvieux ayant en moyenne une hauteur d'eau supérieure à 5mm/h ont été répertoriés chaque année.

III-2-3. Evaluation de l'érosion

L'érosion spécifique est constituée des sédiments de fond et de la matière en suspension recueillis dans la cuve A. Les sédiments de fond sont directement et entièrement récupérés au fond de la cuve, après siphonage de l'eau. Ils sont ensuite séchés à l'air puis pesés. La matière en suspension est déterminée à partir d'un échantillon de 3 litres d'eau prélevé dans la cuve A et analysé au laboratoire. La quantité totale de la matière en suspension s'obtient en multipliant le volume ruisselé (en litre/ha) par la turbidité des eaux de ruissellement (g/L).

IV - RÉSULTATS ET DISCUSSION

IV-1. Ruissellement

De manière générale, le comportement hydrodynamique étudié sous pluie naturelle est très variable d'un site à un autre (*Tableau 1*).

Tableau 1 : mesures des différents paramètres sous parcelles d'érosion (2011-2013)

Sites	Kr %	Lr (mm)	Vr (m ³)	Pente en %	SN (%)	SC (%)	SF (%)	SO (%)	Concentration en g.l ⁻¹	Erosion spécifique en t/kg/ha/an
S	0,84	210	0,06	25	85	15	35	65	125	1,22
EJR	8,30	218	0,17	15	40	60	69	31	45	0,99
Taillis	10,31	219	0,08	8	30	70	70	30	0,73	0,1
EV	17,5	286	0,25	7	10	90	84	16	0,75	0,02

Notes : S (Savane) ; EJR (Eucalyptus jeune replanté) ; EV (Eucalyptus vieux) ; Kr (coefficient de ruissellement) ; Lr (Lame ruisselée) ; Vr (Volume ruisselé) ; SF (surface fermée) ; SO (surface ouverte) ; SN (surface nue) ; SC (surface couverte) ;

En effet, les plantations ont généré des taux de ruissellement largement supérieurs à celui enregistré sur le site sous savane dont le coefficient de ruissellement a été faible ($K_r = 0,84 \%$). Au niveau du couvert forestier, la vieille plantation d'eucalyptus a enregistré le coefficient de ruissellement le plus important avec un K_r de $17,5 \%$. Cette différence se remarque également au niveau des événements pluvieux ayant produit des ruissellements très faibles sous savane (5 événements par an en moyenne) mais plus importants sous plantations d'eucalyptus (**Tableau 1**). Les résultats obtenus sous la vieille plantation d'eucalyptus sont 25 fois supérieurs à ceux trouvés sous forêt naturelle en Côte-d'Ivoire où [8] a obtenu $0,6 \%$ de K_r . Ces résultats s'expliquent, selon nous, par la combinaison de deux facteurs déterminants. Le premier est l'important taux de couverture du sol (90%). Les eucalyptus au cours de leur cycle de croissance génèrent une grande masse de feuilles mortes, de branchettes et d'écorces sèches qui ensemble construisent progressivement une litière très compacte. Celle-ci tapisse de façon continue le sol et réduit considérablement les possibilités qu'à l'eau de pluie de frapper directement le sol (**Photos 1 et 2**). Le deuxième facteur est le réseau dense de racines latérales des eucalyptus qui s'entrecroisent et augmentent de ce fait le taux de fermeture du sol (84%).

Les racines des eucalyptus sont renforcées dans les premiers horizons du sol par celles des plantes du sous-bois. Il faut noter que le sous-bois est plus dense sous vieilles plantations mais inexistant sous jeunes plantations. Ainsi, ces deux facteurs rendent les ruissellements instantanés dans les plantations d'eucalyptus, même avec des intensités de pluie très faibles et sur des pentes faibles. [15] était arrivé à la même conclusion sous certaines forêts naturelles en Afrique au sud du Sahara. En revanche, le coefficient de ruissellement enregistré sous savane semble être en relation avec le degré d'ouverture du sol (65%) favorisé par l'activité des méso faunes (termites, vers de terre, fourmis et autres insectes). En effet, ces méso faunes, omniprésentes sur notre secteur d'étude sous savane, créent un réseau dense de vides dans le sol qui améliore ainsi son aération et par conséquent sa capacité d'infiltration. Ce phénomène avait déjà été relevé lors d'une étude antérieure effectuée sur les mêmes savanes par [16]. Il a aussi été mis en évidence en Côte d'Ivoire [17] et au Cameroun [18].

IV-2. Erosion spécifique

Le **Tableau 1** présenté ci-dessus, montre que la concentration de matière en suspension et les sédiments de fond sont dans l'ensemble faibles ; toutefois, on peut noter une variation sensible entre les plantations d'eucalyptus en général et la savane (**Tableau 1**).

Sous vieilles plantations d'eucalyptus, la concentration de matières en suspension est très faible (0.75 g.L^{-1}) et l'érosion spécifique presque nulle (0.02 t/kg/ha/an). Ces résultats s'expliquent également par la litière. En effet, en réduisant considérablement le contact entre l'eau de pluie et le sol notamment pendant les premiers instants de la pluie, la litière empêche de facto l'érosion mécanique sous les plantations. Ceci est conforme aux premiers résultats obtenus sous pluie simulée [6, 19, 8] arrivent également à des résultats identiques sous forêt naturelle en Côte-d'Ivoire. En revanche, les pertes plus importantes enregistrées sous savanes en dépit des faibles taux de ruissellement, s'expliquent par le faible taux de couverture du sol (15 %). En effet, les graminées sur ces plateaux laissent de larges surfaces nues (85 %) qui expose la savane aux effets du splash [11]. C'est aussi le cas pour les plantations jeunes (EJR) où la litière laisse 40 % de surfaces nues et donc offre des possibilités d'érosion pluviale par le splash. Il importe de noter que sous jeunes eucalyptus, le sol, travaillé et ameubli lors de la plantation, demeure encore ouvert comme l'indique le taux d'ouverture qui atteint 31 %.

IV-3. Les effets des ruissellements

Les résultats de l'érosion spécifique et les observations de terrain montrent que les ruissellements générés par les plantations d'eucalyptus n'ont presque pas d'effets négatifs sous celles-ci. Par contre ils sont responsables d'une activité de plus en plus intense de l'érosion mécanique le long des routes et des coupe-feu, à l'intérieur des massifs forestiers et à la périphérie de ceux-ci. En effet, il se développe d'une part, un ravinement intense qui affecte le réseau routier desservant cette exploitation et d'autre des, un phénomène d'épandages de sables qui gênent l'évolution des jeunes eucalyptus plantés en bordure, en bas, des vieilles plantations (*photos 3 et 4*). On observe également une redynamisation de certains vieux cirques d'érosion dominés topographiquement par des vieux champs d'eucalyptus. De ce fait, cette érosion constitue une préoccupation aussi bien pour les responsables de la Société qui exploite ces massifs forestiers que pour les populations riveraines.



Photo 3 : Ravine sur un coupe-feu au milieu d'une plantation d'eucalyptus (Mayima, 2013)



Photo 4 : Epanchage de sables envahissant une jeune plantation d'eucalyptus (Mayima, 2013)

V - CONCLUSION

Au cours de ces deux années de mesures sous pluie naturelle, les résultats obtenus montrent que la litière augmente le coefficient de ruissellement dans les champs d'eucalyptus. Les ruissellements sont plus abondants sous vieilles plantations qui ont une litière plus épaisse et plus compacte. Autrement dit, plus la plantation gagne en maturité, plus sa litière s'épaissit et sa capacité à engendrer le ruissellement augmente. Il importe de signaler que lors d'une étude expérimentale antérieure [5], les mesures effectuées sous pluies simulées sur un site identique, ont donné des pluies d'imbibition très faibles. La pluie d'imbibition est la hauteur de pluie nécessaire pour déclencher le ruissellement. Elle est appréciée à travers le temps qui s'écoule entre le début de la simulation et le déclenchement du ruissellement. Elle permet d'apprécier la réaction du sol durant les premiers moments des précipitations. Sous vieux eucalyptus, les ruissellements ont été instantanés. Cela indique que la litière empêche le drainage vertical. Ce comportement de la litière s'explique, non seulement, par son épaisseur et la densité qu'elle acquiert avec la maturité, mais aussi par l'hydrophobicité que développe progressivement la matière organique. Toutefois, bien qu'abondants, les ruissellements ne produisent aucune activité érosive sous les vieilles plantations, mais négatif à la périphérie ou elle engendre des ruissellements responsable d'érosion mécanique. Tout en augmentant le coefficient de ruissellement, la litière protège le sol contre l'érosion mécanique. L'action de la litière est de ce fait positive à l'intérieur des plantations.

Les effets de cette érosion sont déjà spectaculaires le long des pistes, des coupe-feux et visibles sur certaines parcelles récemment plantées. Cette situation préoccupe particulièrement les responsables de la Société qui exploite ces plantations. C'est pourquoi, la recherche des solutions pour réduire ces ruissellements au profit des infiltrations constitue la principale perspective de cette étude.

RÉFÉRENCES

- [1] - J. P. LACLAU, *Dynamique du fonctionnement minéral d'une plantation d'eucalyptus. Effets du reboisement sur un sol de savane du littoral congolais ; conséquences pour la gestion des plantations industrielles.* Thèse de doctorat, Institut National Agronomique, Paris- Grignon, (2001), 145 p.
- [2] - R. DANNUNZIO, *Etude de la dynamique de la matière organique sous plantation clonale d'Eucalyptus au Congo.* Thèse de Doctorat de L'ENGREF/AGROPARISTECH, France, (2008), 219 p.
- [3] - J. D. NZILA, *Caractérisation minéralogique des sols ferrallitiques sableux sous plantations d'Eucalyptus et sous savane naturelle de la région de Pointe-Noire.* Document interne UR2PI, Pointe Noire, Congo, (2001) 51 p.
- [4] - G. DAMMAN, *Etude et modélisation du fonctionnement hydrique de plantations d'eucalyptus au Congo.* Mémoire de DAA, (2001), 46 p.
- [5] - B. MAYIMA, L. SITOU, M. J. SAMBA-KIMBATA, *Quantification du ruissellement et de l'érosion hydrique sous les champs d'Eucalyptus des plateaux côtiers du Congo Brazzaville,* Revue de Géographie du Laboratoire de Recherche sur la Dynamique des Milieux Et des Sociétés (LARDYMES), Faculté des Lettres et des Sciences humaines, Université de Lomé (Togo), (2010) pp.137-146.
- [6] - L. SITOU , B. MAYIMA, *feux de brousse et risques de ruissellement et d'érosion hydrique sous savanes et plantation d'eucalyptus des plateaux côtiers du Congo Brazzaville,* Annales de la Faculté des Arts, Lettres et Sciences, humaines de l'Université de N'Gaoundéré (Cameroun), Vol. XIII, (2011), pp 195-208.
- [7] - J. TRICART, *Traité de géomorphologie. Le modelé des régions chaudes : forêts et savanes.* 2^{ème} édition. SEDES, Paris, (1974), 345 p.
- [8] - E. ROOSE, *Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest.* Travaux. Doc. N°78, ORSTOM, Paris, (1977), 108 P.

- [9] - E. J. ROOSE, *Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)*. Bulletin pédologique n°70, FAO, Rome, (1994), 420 p.
- [10] - E. ROOSE, D. BOUDJEMPLIN, *Influence des litières du Mont Lozère sur la naissance du ruissellement et de sa charge solide. Etude expérimentale au simulateur de pluies*. - Comm. 3èmes Journ, Réseau Erosion. - Bull. Réseau Erosion 6, (1986), 18-19.
- [11] - L. SITOU, *Les cirques d'érosion dans la région de Pointe-Noire (Congo) : étude géomorphologique*. Thèse de Doct. ULP, CEREG, Strasbourg, (1994), 225 p +annexes.
- [12] - M. J. SAMBA-KIMBATA, *Le climat du Bas-Congo*. Thèse de 3^e cycle, Université de Bourgogne Dijon, (1978), 280 p+ figures.
- [13] - A. CASENAVE, C.VALENTIN, *A runoff capability classification system based on surface features criteria in semi-arid areas of West Africa*. J Hydrol; 130, (1992), 231-249.
- [14] - E. ROOSE, *Méthodes de mesures des états de surface du sol de la rugosité et des autres caractéristiques qui peuvent aider au diagnostic de terrain de risques de ruissellement et d'érosion en particulier sur les versants cultivés des montagnes», Bull. Réseau-Erosion, n°16, IRD, Paris, (1996), pp. 87-97.*
- [15] - F. FOURNIER, *carte du danger d'érosion en Afrique au sud du Sahara CEE/CCTA ; Bur. Inter africain des sols, (1962), 4p +carte.*
- [16] - IMC. MBOUKOU-KIMBATSA, F. BERNHARD-REVERSAT, J.J. LOUMETO, *Change in soil macro fauna and vegetation when fast- growing trees are planted on savanna soils*. Forest. Ecol. Management. 110, (1998), pp.1- 12.
- [17] - E. ROOSE, J. ASSELINE, *Mesure des phénomènes d'érosion sous pluies simulées aux cases d'érosion d'Adiopoumé les charges solides et soluble, eaux de ruissellement sur sol nu et diverses d'ananas in Cah. ORSTOM, Ser. Pedol, 16, (1978), 43-72.*
- [18] - M. TCHOTSOUA, *Distribution à caractères dimensionnels et rôle géomorphologique des termitières dans la région de Yaoundé (Cameroun)*. Cah. Géol. n° 118, (1991), pp. 1253-1259.
- [19] - J. M. AVENARD et E. ROOSE, *Quelques aspects de la dynamique actuelle sur versants en Côte-d'Ivoire*. ORSTOM, centre d'Adiopodoumé, 25 p miltigr, (communication présentée au 22^{ème} congrès international de géographie, Canada, août 1972).