

UNIVERSITE DE KISANGANI  
FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : «Eaux et Forêts »



BP 2012 KISANGANI



**Impact de l'anthropisation du paysage forestier sur le phosphore disponible et la densité apparente du sol. Cas des séries Yangambi et Yakonde dans la Réserve de biosphère de Yangambi /RD Congo :  
Effet de lisière**

Par

Ir. Aimé MOTONDO MOSUKA

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Supérieures en Aménagement Durable des Forêts

Promoteur : Pr. KOMBELE BISHOSHA (IFA.Y<sup>bi</sup>)

Co- promoteur: Pr. Jan BOGAERT (ULB)

ANNEE ACADEMIQUE: 2010-2011

## DEDICACE

A toi ma mere Therese LOFONGA YETAMBA

A toi mon épouse La jolie BOSOGALI LIBANDE

A vous mes enfants La chance LIBANDE MOTONDO, Aaron – Dany MOSUKA MOTONDO  
et Gracieux – Béni MAKIESE MOTONDO.

A la famille KINSONA

A la famille MOSUKA

A tous les opprimés, victimes de l'injustice et de l'égoïsme de ce monde.

Je dédie ce mémoire.

## REMERCIEMENTS

C'est au prix d'un effort continu, d'abnégation et de courage que nous arrivons au terme de cette formation post – universitaire.

La philosophie de la générosité (Marcel, G., 1938 – 1943) méconnaissant l'estime de soi, nous pousse à un agréable devoir de reconnaître l'effort de l'autrui dans la construction de cet édifice.

Ainsi, nos remerciements s'adressent de prime à bord au gestionnaire cosmétique et juge suprême de l'univers pour sa grâce.

Les observations préalables à la rédaction de ce mémoire ont été proposées de concert avec le Professeur Ferdinand KOMBELE BISHOSHA MENEHA (l'IFA – Ybi), promoteur de ce mémoire. C'est en bon maître et avec perspicacité qu'il a suivi l'évolution de ce travail.

Nous tenons à remercier le Professeur Jan Bogaert de l'ULB, Co – promoteur de ce mémoire, pour nous avoir admis dans son laboratoire (l'écologie du paysage) et d'avoir imprimé en nous son modèle scientifique. Sa rigueur scientifique restera graver en nous.

Mention spéciale au Doctorant Sylvain ALONGO LONGOMBA, qui nous a accepté dans son dispositif expérimental et a mis à notre disposition toute son expertise pour l'encadrement de ce mémoire. Son optimisme vaut pour nous un exemple à suivre.

Nos remerciements s'adressent aux initiateurs du projet AFORCO nous citons le Professeur Jan Bogaert coordonateur Belge, le professeur Jean – Pierre MATE coordonateur Congolais et le C T Léon IYONGO coordonateur adjoint ; ainsi qu'aux autorités académiques de l'Université de KISANGANI pour l'opportunité qu'ils nous ont offerte.

A toute l'équipe des professeurs Belges qui ont soutenu ce programme en apportant leur savoir pour le renforcement des capacités des universités de la R D Congo.

Ce programme a été réalisé grâce au l'appui financier de la Commission Universitaire pour li Développement/ CUD à qui nous adressons notre gratitude.

Nous tenons à remercier les autorités académiques de l'IFA – YBI, pour nous avoir recommandé dans ce programme.

Nos remerciements s'adressent aux autorités de l'ISDR – YAHUMA, pour avoir supporté notre absence durant toute la formation.

Nous ne saurons passer sous silence le soutien moral de Mr Jean – Pierre ETIKOLAITO, C T Jean – Norbert LOKULA, et Matthieu LISOA, qui n'ont cessé de nous encourager durant cette formation.

Nous pensons à tous les collègues Masters AFORCO : Ir Albert ANGBONGA, Ir Maurice NGEMALE, Ir Patrick KONDJO, Ir Helena NDINGA, Ir Jean -Pitchou MENIKO, Ir Nellas BAUMA, Ir Nathalie NGALIA, Béni YANGIA, C T Ir Prosper DETCHUVI, Ir Josias BONYOMA, Ir John TSHIBAMBA, Ir Mathy NKUMA, Joseph ADHEKA, Joseph OMATOKO, Casimir NEBESE, Ir Jean de Dieu MALONGOLA et Ir Jean – Fiston MIKWA ; pour des moments inoubliables passés ensemble.

Que les Ir Papy LIMBEYA et SHAKO, ainsi que les laborantins de l'IFA, papa LISOMA et Papa ITILE trouvent ici l'expression de notre gratitude.

## Table des Matières

Table des Matières .....	i
Liste des tableaux.....	iii
Liste des figures .....	iv
RESUME .....	v
SUMMARY .....	vi
Chapitre I : INTRODUCTION .....	1
1.1. Regard sur l'écologie du paysage .....	1
1.2. Catégorie d'éléments du paysage.....	1
1.3. Fragmentation forestière .....	3
1.4. Problématique .....	3
1.5. Hypothèses.....	7
1.6. Objectifs.....	7
Chapitre II : MATERIEL ET METHODES .....	9
2.1. Milieu.....	9
Localisation zone d'étude .....	9
Climat.....	10
Sol .....	11
Végétation .....	12
2.1.4.1. Végétations non modifiées.....	12
2.1.4.2. Végétations modifiées.....	12
La population .....	12
2.2. Matériels de collecte de données .....	13
2.3. Méthodes.....	13
Layonnage.....	13
Installation des fosses pédologiques .....	14
Prélèvement d'échantillons du sol .....	14
Inventaire floristique .....	15
Méthodes d'analyse au laboratoire .....	15
2.3.5.1. Dosage du phosphore disponible du sol.....	15
2.3.5.2. Mesure de la densité apparente du sol .....	15
2.3.5.3. Analyses statistiques .....	15

Typologie de la réponse de la densité apparente et du phosphore disponible face à l'hétérogénéité des classes d'occupation du sol.....	16
Chapitre III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS .....	17
3.1. Phosphore disponible (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> d).....	17
3.1.1. Teneur en phosphore disponible du sol (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> d) de la série Yangambi .....	17
3.1.2. Teneur en phosphore disponible du sol (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> d) de la série Yakonde .....	19
3.2. La densité apparente du sol (Da) .....	21
3.2.1. La densité apparente du sol de la série Yangambi .....	21
3.2.2. La densité apparente (Da) du sol de la série Yakonde.....	23
3.3. Réponses des paramètres édaphiques étudiés face à l'hétérogénéité d'occupation du sol .....	25
3.3.1. Réponses de la disponibilité de phosphore face à effet de lisière.....	25
3.3.2. Réponses de la densité apparente du sol face à l'hétérogénéité d'occupation du sol ...	26
3.4. Analyse floristique des sites.....	28
3.4.1. La richesse floristique .....	28
3.4.2. Diversité spécifique .....	28
3.4.2.1. Diversité-α .....	28
3.4.2.2. Diversité-β .....	29
3.4.3. Abondance relatives des espèces et des familles .....	30
Chapitre IV : DISCUSSION DES RESULTATS.....	32
4.1. Phosphore disponible du sol (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> d).....	32
4.2. Densité apparente du sol (Da).....	35
4.3. Relation entre densité apparente et phosphore disponible du sol .....	38
4.4. Diversité spécifique des différentes classes d'occupation du sol.....	39
Chapitre V : CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES .....	41
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	43
ANNEXES .....	50

## Liste des tableaux

Tableau 1: Typologie de la réponse des espèces à l'hétérogénéité d'habitats .....	16
Tableau 2: Teneur en P2O5d (ppm) dans les trois tranches de profondeur du sol de la série Y1 .....	17
Tableau 3: Teneur en P2O5d (ppm) dans les trois tranches de profondeur du sol de la série Y2 .....	19
Tableau 4: Moyenne de Da (g/cm3) dans les trois tranches de profondeur du sol de la série Y1 .....	21
Tableau 5 : Moyenne de Da (g/cm3) dans les trois tranches de profondeur du sol de la série Y2 .....	23
Tableau 6: Coefficient de Jaccard entre la lisière et la forêt des séries Yangambi et Yakonde.....	30
Tableau 7: Coefficient de Sorensen entre la lisière et la forêt des séries Yangambi et Yakonde.....	30
Tableau 8: Teneur en P2O5d dans les trois transects sous les différentes classes d'occupation du sol de la série Yangambi.....	50
Tableau 9: Teneur en P2O5d dans les trois transects sous les différentes classes d'occupation du sol de la série Yakonde.....	51
Tableau 10: Densité apparente du sol dans les trois transects sous les différentes classes d'occupation du sol de la série Yangambi.....	53
Tableau 11: Densité apparente du sol dans les trois transects sous les différentes classes d'occupation du sol de la série Yakonde.....	55
Tableau 12: Effet de lisière sur le P2O5d du sol dans les deux sites .....	57
Tableau 13: Effet de lisière sur la densité apparente du sol dans les deux sites .....	57
Tableau 14: Indice de diversité des différentes occupations du sol.....	58
Tableau 15: Densité relative et dominance relative des cinq espèces les plus représentées dans la zone de lisière de la série Y1.....	59
Tableau 16: Densité relative et dominance relative des cinq familles les plus représentées dans la zone de lisière de la série Y1.....	59
Tableau 17: Densité relative et dominance relative des cinq espèces les plus représentées sous forêt dense dans la série Y1 .....	60
Tableau 18: Densité relative et dominance relative des cinq familles les plus représentées dans la forêt de la série Y1 .....	60
Tableau 19: Densité relative et dominance relative des cinq espèces les plus représentées dans la zone de lisière de la série Y2.....	61

Tableau 20: Densité relative et dominance relative des cinq familles les plus représentées dans la zone de lisière de la série Y2.....	61
Tableau 21: Densité relative et dominance relative des cinq espèces les plus représentées sous forêt de la série Y2 .....	62
Tableau 22: Densité relative et dominance relative des cinq familles les plus représentées sous forêt dans la série Y2.....	62

### Liste des figures

Figure 1: Les catégories d'éléments du paysage.....	2
Figure 2: Processus du changement global en fonction de l'utilisation du sol .....	5
Figure 3: Les sites d'étude sur les plateaux Yangambi (à gauche) et Yakonde(à droite) à Yangambi centre....	9
Figure 4: Diagramme ombrothermique de la région de Yangambi de 2005-2009 .....	10
Figure 5: Evolution des teneurs en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> d sous jachère, lisière et forêt dense le long du transect dans la série Yangambi.....	18
Figure 6: Evolution des teneurs en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> d sous jachère, lisière et forêt dense le long du transect dans la série Yakonde .....	20
Figure 7: Evolution de la densité apparente du sol sous jachère, lisière et forêt dense le long du transect de la série Yangambi. ....	24
Figure 8: Evolution de la densité apparente du sol sous jachère, lisière et forêt dense le long du transect de la série Yakondei.	
Figure 9 : Relation densité apparente- Phosphore disponible du sol sous jachère, lisière,et la foret dense le long du transect dans série Yangambi.....	40
Figure 10 : Relation densité apparente- Phosphore disponible du sol sous jachère, lisière,et la foret dense le long du transect dans série .....	40

## RESUME

Dans la réserve de biosphère de Yangambi, le défrichement agricole ouvre des saignées de plusieurs kilomètres de longueur et contribue au recul des lisières du massif forestier. Cette manière d'utiliser l'espace fragmente considérablement le paysage forestier et par conséquent le substratum.

La présente étude s'est proposée de quantifier la réponse de Phosphore disponible ( $P_2O_5d$ ) et la densité apparente ( $Da$ ) du sol face à l'hétérogénéité des classes d'occupation du sol conséquence de l'anthropisation des paysages forestiers, sur deux séries de sol différenciés selon une approche morphopédologique. L'étude trouve son fondement en ce sens que la fragmentation des habitats forestiers expose les communautés aux perturbations biogéochimiques causées par les effets de lisières qui peuvent conduire à des changements de la structure et de la composition de la végétation affectant ensuite la nature biophysique de l'écosystème.

Pour mieux cerner l'impact anthropique sur les deux variables, la méthode de transects était utilisée en vue d'apprécier l'évolution graduelle de ces deux paramètres pédologiques dans la partie supérieure du solum biodynamique (0 – 30 cm de profondeur) sous les différentes classes d'occupation de sol et dans la lisière.

Les résultats obtenus ont révélé deux tendances : Dans la série Yangambi, la disponibilité de phosphore augmente avec l'effet de lisière (0,97 ppm) et diminue dans les deux classes d'occupation du sol adjacentes (jachère : 0,64 ppm ; et forêt : 0,60 ppm). Alors que la densité apparente évolue en inverse. Elle diminue sous la forêt (1,02  $g/cm^3$ ) par rapport aux deux classes d'occupation du sol adjacentes (lisière : 1,19  $g/cm^3$  et la jachère : 1,37 $g/cm^3$ ). Cette tendance met en évidence les effets positifs de lisière sur les deux paramètres pédologiques étudiés.

Quant à la série Yakonde, le flux de la teneur en phosphore diminue de la jachère (1,48 ppm et 0,98 ppm sous la lisière) vers la forêt dense (0,65 ppm). La même tendance est enregistrée pour la densité apparente du sol (jachère : 1,45  $g/cm^3$  ; lisière : 1,19  $g/cm^3$  et forêt : 1,15 $g/cm^3$ ). Ces valeurs élevées de  $P_2O_5d$  et de la densité apparente du sol trouvées dans la jachère traduisent l'impact positif des activités anthropiques sur la disponibilité du phosphore, mais négatif sur la densité apparente du sol dans ce paysage. On note donc les effets négatifs de lisière sur la fertilité chimique du sol de la série  $Y_2$ .

Mots clés : Réserve de biosphère, impact anthropique, fragmentation, perturbation biogéochimique, nature biophysique, paysage, phosphore disponible, densité apparente, lisière.

## SUMMARY

In the biosphere reserve of Yangambi, the agricultural clearing opens bleedings of several kilometers of length and contribute to the retreat of the forest edges. This kind of the space use splits up the landscape considerably and consequently the substratum.

The present study proposed to quantify the available Phosphorus and the soil dry bulk density answer to human impact on forests landscapes on two soils series differentiated according to a morphologic approach. The study finds its base in the sense that the fragmentation of the forest exposes the communities to the biogeochemical disturbances caused by the edge effects, which can lead to the change of vegetation structure and the composition then affecting the biophysical nature of the ecosystem.

To test the human impact on the two variables, we experimentally use the transects method to appreciate the gradual evolution of these two soil parameters under the edge and others different classes of soil occupation.

The obtained results showed two tendencies: in the Yangambi set, the availability of phosphorus increases in the edge (0, 97 ppm) and decrease in the two adjacent classes of the t soil occupation (fallow: 0, 64 ppm and forest: 0, 60 ppm). Whereas the bulk density decreases by the forest ( $1,02\text{g/cm}^3$ ) toward the two classes of land-cover (edge:  $1,19\text{g/cm}^3$  and fallow:  $1,37\text{g/cm}^3$ ). This tendency highlights the positive effects of edge on the two studied soil parameters.

As for the Yakonde soil, the flow of the available phosphorus decreases the fallow (1, 48 ppm et 0, 98 ppm under edge) toward the forest (0, 65 ppm). The same tendency is recorded for the soil bulk density. Our results in Yakonde soil demonstrated that the high values of available phosphorus and soil bulk density are found in the fallow and translate the positive impact of the human impact on the available phosphorus, but a negative impact on soil bulk density.

Key words: Biospher reserve, human impact, fragmentation, biogeochemical disturbance, biophysical nature, landscap, available phosphorus, bulk density, edge

## Chapitre I : INTRODUCTION

### 1.1. Regard sur l'écologie du paysage

Pendant de longues années, les recherches en écologie se sont déroulées dans le cadre de l'écosystème défini comme une biocénose homogène se développant dans un environnement uniforme (DEVIGNEAU, 1984). Les principaux objets de recherche étant alors les systèmes « naturels » tels que la forêt, la savane, etc. (LAMOTTE, 1978). Mais pour plusieurs types d'études

comme celui d'une forêt exploitée avec des parcelles de régénération d'âges différents ou celui d'un espace agricole, il s'est avéré nécessaire de tenir compte, de façon explicite, de l'hétérogénéité du système étudié.

Peu à peu, l'écologie change d'objet scientifique en élargissant son champ d'investigation à l'étude d'espèces considérées dans leurs relations avec le milieu physique environnant (autoécologie), puis l'analyse de leur assemblage (peuplements, communautés) dans des milieux « naturels » et enfin la prise en considération des systèmes complexes intégrant l'homme et ses activités (BARNAUD et LEFEUVRE, 1992). On parle alors de système écologique défini par Ducruc comme l'unité de base dans ces travaux.

Le terme « écologie du paysage » a été employé pour la première fois par Troll en 1939 (BOGAERT, 2009) pour indiquer une recherche à l'intersection de l'écologie et de la géographie. Par conséquent, elle se définit comme l'étude des phénomènes écologiques dans leur contexte spatial (ANTROP, 2001) et s'intéresse principalement à l'évolution et à la dynamique de l'hétérogénéité spatiale, sous l'action de l'homme. Cette discipline est ainsi fondée sur l'étude des relations entre les processus écologiques et la structure spatiale du paysage (Burel et Baudry, 1999).

### 1.2 Catégorie d'éléments du paysage

En écologie du paysage, le paysage est considéré comme un écosystème complexe c'est-à-dire, un espace géographique dynamique composé d'écosystèmes en interaction (BOGAERT, 2009) ; ou

encore comme une mosaïque d'unités fonctionnelles (Forman et Godron, 1986 ; Burel et BAUDRY, 2000 ; IOGULESCU et SHCLAEPFER, 2000) (figure 1). Ces unités représentent les conditions environnementales homogènes et leurs frontières se distinguent par la discontinuité dans les variables d'état d'une magnitude (amplitude) qui est significative pour le processus écologique ou l'organisme considéré. L'ensemble des taches ayant des caractéristiques similaires pour un processus considéré est appelé type ou « classe ».

Parmi ceux-ci, la matrice est le type le plus répandu et le moins fragmenté (IOGULESCU et SHCLAEPFER, 2000). Elle peut également être considérée comme l'arrière plan du paysage dans lequel se situent les autres éléments du paysage.

Les « corridors » sont des unités ayant une forme linéaire caractéristique et remplissent les fonctions écologiques de conduit (passage) ou de filtre (barrière). Ils sont dans le paysage en forme de réseau. La subdivision du paysage en taches, corridors et matrice est connue comme modèle « patch-corridor-matrix » (FORMAN et GODRON, 1981 ; FORMAN et GODRON, 1986 ; FORMAN, 1997). Ce modèle sert souvent de base de référence pour les mesures de la configuration spatiale.

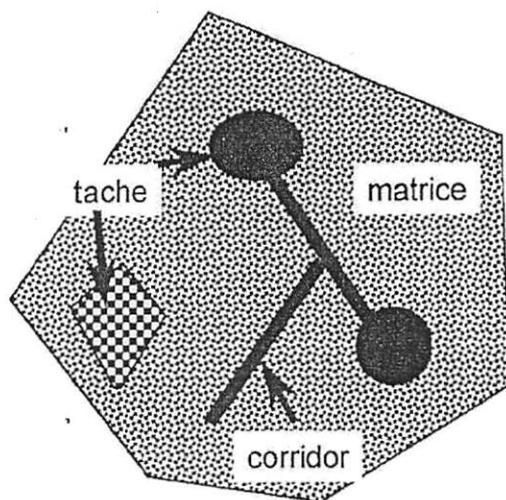


Figure 1: Les catégories d'éléments du paysage.

Source : FORMAN A GODRON 1986

Ce qui importe au niveau du paysage est la façon dont ces éléments sont connectés. On parlera de connectivité pour décrire leurs relations, en distinguant une connectivité structurale qui

s'applique aux relations spatiales et une connectivité fonctionnelle pour tout ce qui a trait aux échanges entre les éléments du paysage (KING, 1999).

## **1.2. Fragmentation forestière**

La fragmentation forestière se réfère à la réduction des surfaces de forêt par suite de la déforestation, entraînant l'existence d'îlots forestiers plus ou moins grands, plus ou moins isolés les uns des autres et plus ou moins éloignés des massifs forestiers plus vastes. La caractérisation de la fragmentation forestière constitue un élément essentiel pour la compréhension et la quantification de la déforestation et surtout pour la préservation des massifs forestiers résiduels. Les ouvertures du couvert forestier, considérées comme perturbatrices des continuités écologiques sont loin d'être uniformes ; il en existe plusieurs types, avec des formes spécifiques qui résultent de l'origine de la déforestation. Dans notre zone d'étude, l'agriculture itinérante et l'exploitation forestière constituent les principales causes de ces ouvertures (KOMBELE, 2004 ; ALONGO, 2007), chacune d'elles imprimant un « modèle » de fragmentation. En plus des activités anthropiques, les conditions naturelles telles que le climat, le relief, la pente, la topographie, la roche-mère et le sol influent sur le modèle de fragmentation.

La définition de la fragmentation d'habitat implique l'existence de quatre effets dans ce processus (FAHRIG, 2003) : la perte d'habitats, l'augmentation du nombre de taches, la diminution de la taille des taches, et l'augmentation de l'isolement des taches. Ces quatre effets forment la base de la plupart des mesures quantitatives de la fragmentation.

## **1.3. Problématique**

La problématique autour de la déforestation en tant que phénomène perturbateur des continuités des systèmes écologiques a commencé depuis le vingtième siècle quand les chercheurs ont pris conscience de la fragilité des écosystèmes naturels (CNUED, 1992). La transformation et la fragmentation des habitats naturels, conséquences des changements globaux, entraînent une érosion et une perte de biodiversité. Dans les pays d'Afrique tropicale, l'évaluation du couvert forestier de 2006 a révélé que le continent a perdu environ  $4.10^6$  ha de forêt par an entre 2000-2005 (FAO, 2008). Cette perte énorme dont la majeure partie concerne les pays où la superficie forestière est relativement importante (FAO, 2009), s'explique par le fait que l'économie et la survie des populations à majorité rurales s'appuient essentiellement sur l'exploitation des ressources naturelles, notamment les sols pour l'agriculture impliquant localement le défrichage des vastes superficies des couverts forestiers (DEFOURNY, 1983). Les menaces et les disparitions d'espèces et d'espaces,

résultant des perturbations générées par les activités humaines dans le fonctionnement des systèmes écologiques, nous obligent à remettre en question les relations que l'homme entretient avec les ressources naturelles.

Devant ces menaces et excès qui constituent les fondements de la crise actuelle d'ampleur mondiale (LARRERE, 1997 ; GROOMBRIDGE ET JENKINS, 2002 ; POWLEDGE, 2002), la société s'interroge, se remet en question, et presse le monde scientifique d'apporter des éléments de réponse (DROUIN, 1991).

Si à l'heure actuelle, on peut disposer des estimations chiffrées sur la disparition du couvert forestier grâce à l'analyse des images satellitaires, la question sur l'évolution des paramètres pédologiques face à l'impact anthropique sur les paysages forestiers n'intéresse que peu des chercheurs en Afrique tropicale ; alors que, YORO, 1984 a reconnu que la dégradation des sols est l'un des problèmes cruciaux auxquels le monde et en particulier l'Afrique sont confrontés. En effet, les défrichements agricoles en ouvrant des saignées de plusieurs kilomètres de longueur, contribuent ainsi au recul des lisières du massif forestier. Cette manière d'utiliser l'espace façonne en profondeur le paysage et par conséquent, le substratum (FAO, 2006). DEFOURNY *et al.* (1983), signalent que la déforestation provoque des modifications des processus globaux comme la qualité de l'air et les cycles biogéochimiques. GALLOPIN (1991) ajoute que les changements globaux d'ordre physique, biochimique et/ou social provoquent à leur tour des répercussions plus ou moins prévisibles au niveau local.

La région de Yangambi (en RD Congo) qui fait l'objet de cette étude n'est pas épargnée de la pression anthropique actuelle. Les activités humaines dans les paysages forestiers y induisent des perturbations microclimatiques et pédologiques locales importantes mais dont les connaissances sont encore fragmentaires à ces jours. Il n'ya relativement pas d'études ressenties de l'impact des activités anthropiques sur les écosystèmes forestiers à Yangambi à part les travaux de KOMBELE (2004), ALONGO ET LITUCHA (2007) respectivement sur le diagnostic de la fertilité chimique du sol, effet de lisière sur la température et la teneur en eau du sol et effet de lisière sur le microclimat.

En particulier, les connaissances des relations qui s'établissent entre l'utilisation du sol par l'homme (land-use) et les changements affectant la couverture du sol (land-cover) (figure 2) sont rares dans la région de Yangambi et en cuvette centrale congolaise en générale.

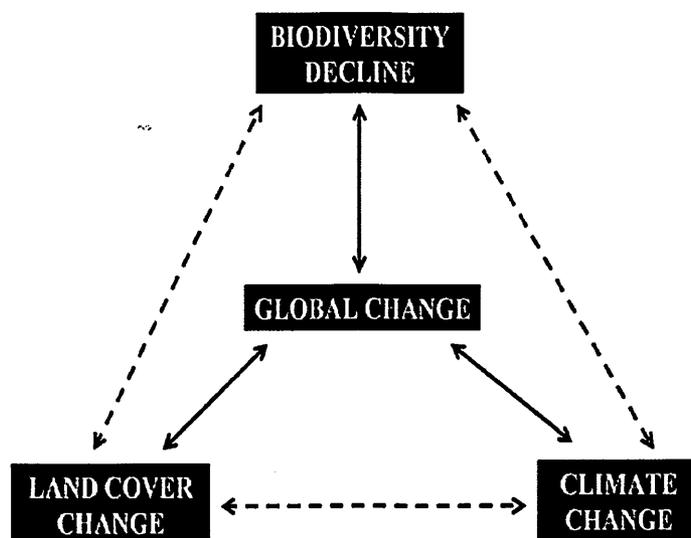


Figure 2: Processus du changement global en fonction de l'utilisation du sol

Source : BOGAERT, J.,2009.

Les perturbations environnementales résultant de la déforestation conduisent à des changements majeurs dans la structure et la composition de la végétation ; elles affectent ensuite la nature biophysique de l'écosystème (RANNEY *et al.*, 1981 ; LAURANCE, 1989 et 1991) ; ce qui entraîne enfin des bouleversements dans l'écologie des zones de transition freinant leur dynamique naturelle vers des écosystèmes plus stables.

LOVEJOY *et al.*, 1986; CHEN *et al.*, 1991 ; SAUNDERS *et al.*, 1991; HOBBS, 1993; YOUNG, 1996 ont prouvé que le processus de l'anthropisation des paysages forestiers expose les communautés végétales aux perturbations biogéochimiques et écologiques.

Si les effets d'anthropisation sont associés avec la nature des écosystèmes, les modèles devant quantifier les impacts anthropiques sur les paramètres édaphiques sont aussi loin d'être universels (BERG *et al.*, 1994; HANSKI *et al.*, 1996; KREMSTER et BUNEL). Or les caractéristiques d'un sol régissent le développement de la végétation du point de vue quantitatif et qualitatif. Elles influent sur les espèces présentes et par conséquent sur la productivité que l'on peut attendre d'un peuplement forestier.

Il est dès lors nécessaire d'appréhender les phénomènes qui peuvent conduire à une réduction des qualités d'un paysage forestier. MATLACK, 1993; MURCIA, 1995 reconnaissent que les études sur l'impact d'anthropisation sont indispensables pour évaluer les possibilités de la conservation et gestion rationnelle des ressources naturelles.

C'est ici où nous situons l'objet du présent travail qui se préoccupe d'étudier l'impact de l'anthropisation des paysages forestiers sur le phosphore disponible ( $P_2O_5d$ ) et le poids spécifique apparent ( $Da$ ) du sol d'un ensemble d'écosystèmes interactifs, consécutifs à l'activité de l'agriculture itinérante sur les abattis brûlés.

La présente étude tente d'apporter les éléments de réponse aux différentes questions suivantes pour la gestion durable de la réserve de biosphère de Yangambi en particulier et du bassin du Congo en général :

1. Quelle est la réponse de différentes séries de sol de Yangambi face aux perturbations anthropiques sur les paysages forestiers dans la région ?
2. Quelle est l'évolution ou la sensibilité de certains paramètres de la fertilité (physique et chimique) du sol sous les différentes classes d'occupation du sol conséquence de la dégradation du paysage forestier sous l'action anthropique dans la région ?
3. En rapport avec la disponibilité du phosphore et le comportement de la densité apparente du sol quelle serait l'évolution des classes anthropisées au sein du massif forestier (classe la plus stable)?
4. Quelle est la disponibilité du phosphore et le comportement de la densité apparente du sol dans la zone de contact et leur évolution dans les classes d'occupation du sol adjacentes ?

#### 1.4. Hypothèses

Quatre hypothèses ont été formulées

- L'hétérogénéité des classes d'occupation du sol consécutive aux perturbations anthropiques sur les paysages forestiers dues à l'activité d'agriculture itinérante sur les abattis brûlis affecte la densité apparente du sol et détermine la disponibilité du phosphore dans le sol
- Les valeurs de la teneur en phosphore disponible et de la densité apparente du sol dans la zone de lisière sont différentes de celles de la jachère et du massif forestier suite à l'influence mutuelle de ces derniers dans la zone de contact.
- Les valeurs de la teneur en phosphore disponible et de la densité apparente du sol de lisière s'apparentent aux sols de la jachère ce qui induit une évolution graduelle des classes anthropisées au sein du paysage.
- Le sol de versant (série Y<sub>2</sub>) pauvre en argile, serait beaucoup plus affecté par l'anthropisation que celui situé sur le plateau (série Y<sub>1</sub>), et caractérisé par la teneur en argile un peu plus élevée.

#### 1.5. Objectifs

La présente étude cadre avec la relation « Sol – Plante » ou mieux « Sol – Végétation en place ». Ainsi, de manière globale, elle vise à connaître la sensibilité de certains paramètres édaphiques face à l'anthropisation de deux paysages forestiers (séries Yangambi et Yakonde) dans la réserve forestière de Yangambi.

Nous avons analysé pour ce fait, la réponse de la densité apparente du sol et la disponibilité du phosphore dans le sol face à l'hétérogénéité des classes d'occupation du sol consécutives à la pratique de l'agriculture itinérante sur les abattis brûlis.

Afin de pouvoir vérifier nos hypothèses, les activités suivantes ont été réalisées :

- Quantifier le phosphore disponible et la densité apparente du sol dans les deux paysages, selon les différentes tranches de profondeur du sol (0 -10, 10 – 20 et 20 – 30 cm) le long des transects, sous trois classes d'occupation du sol retenues (jachère, lisière et forêt dense) en relation avec leur hétérogénéité;
- Comparer les valeurs de la teneur en phosphore disponible et la densité apparente du sol de lisière avec celles des classes d'occupation du sol adjacentes ;

- Déterminer le degré de similarité entre les classes d'occupation du sol en rapport avec la teneur en phosphore disponible et la densité apparente du sol, ainsi que sur base de la présence et absence des espèces arborées.
- Identifier les différentes espèces arborées dans les deux paysages et déterminer la richesse spécifique de chaque classe d'occupation du sol afin de contribuer à la connaissance écologique des espèces pouvant influencer la disponibilité du phosphore et la densité apparente du sol via la relation sol-plante et réciproquement ;

## Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Milieu

#### 2.1.1. Localisation zone d'étude

Les plateaux Yangambi et Isalowe qui constituent les deux sites de cette étude, se situent dans la région de Yangambi à 100 km à l'ouest de la ville de Kisangani dans la province Orientale en RD Congo.

Selon De Heinzelin (cité par KOMBELE, 2004), les coordonnées géographiques du point kilométrique zéro (km 0) de la région de Yangambi sont: 24°29' longitude Est; 0°49' latitude Nord et 500 m d'altitude.

La concession constituant la réserve de biosphère de Yangambi (d'environ 6 297 km<sup>2</sup>) a été acquise depuis l'Etat colonial par arrêté royal belge de Novembre 1933, portant création de l'INERA (Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques) (DRACHOUSSFF et *al.*, 1991). BEGUIN (1962) confirme que cette concession correspond à l'étendue comprise entre 24° 16' 95'' et 25°08'18'' longitude Est, 0° 38'77'' et 1° 10'20'' latitude nord avec une altitude moyenne de 480m.

Les deux sites ayant fait l'objet de cette étude sont illustrés dans la figure 3.

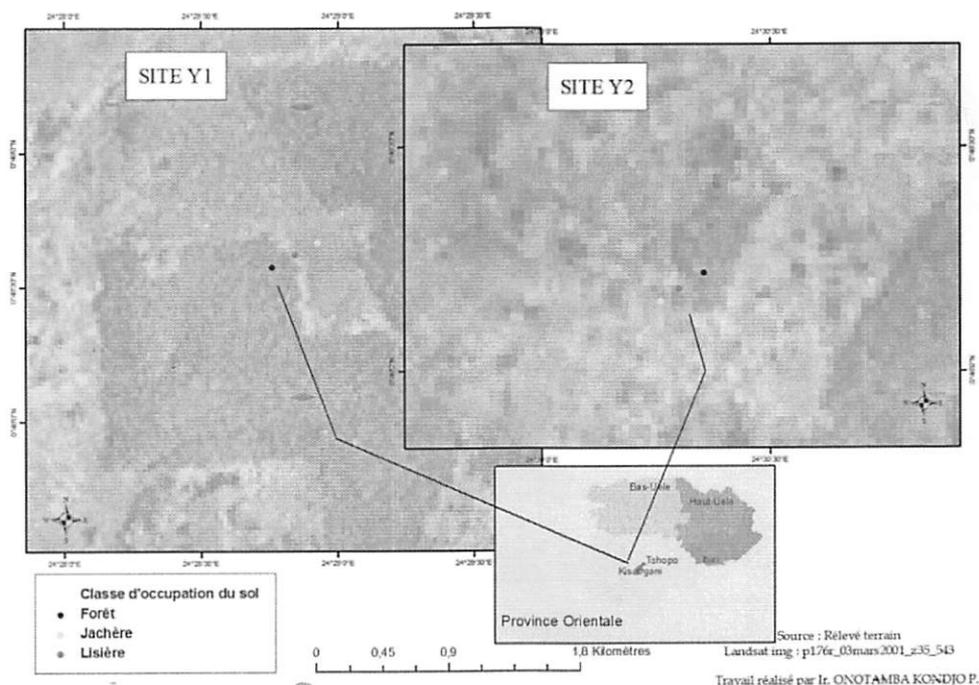


Figure 3: Les sites d'étude sur les plateaux Yangambi (à gauche) et Yakonde(à droite) à Yangambi centre

### 2.1.2 Climat

Selon KOMBELE (2004), la région de Yangambi est située dans la zone climatique équatoriale nord de la RD.Congo, entre 0-2°N (De HEINZELIN, 1952 ; VANDEPUT, 1981). Elle est influencée par le climat du type A<sub>f</sub> de la classification de Köppen (BULTOT, cité par LITUCHA, 2007) à la classe B de Thornthwaite (BERNARD, 1945) où :

*A: climat tropical dont la température moyenne du mois le plus froid est supérieure à 18°C et f: la hauteur mensuelle des précipitations du mois le plus sec est supérieure à 60 mm.*

Le même auteur signale que le total annuel moyen des précipitations atteint environ 1837 mm pendant 180 jours ; les moyennes maximales et minimales des températures annuelles atteignent respectivement 30°C et 19.9°C avec une température moyenne de 24.9°C. L'humidité relative moyenne entre 6-18 heures est de plus de 77% (KOMBELE 2004).

La figure 4 présente l'évolution de la moyenne annuelle des températures et des précipitations pendant les cinq dernières années précédant notre période d'étude.

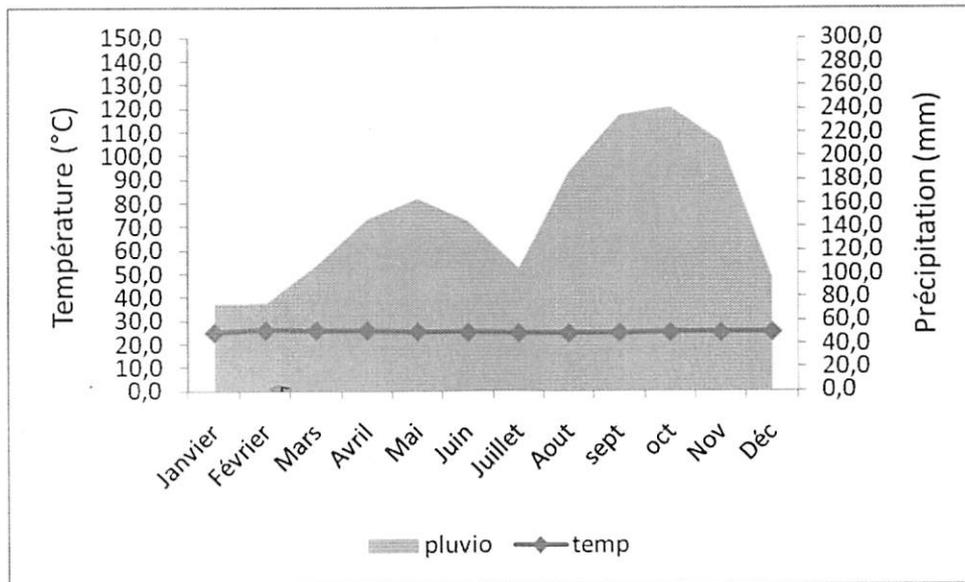


Figure 4: Diagramme ombrothermique de la région de Yangambi de 2005-2009

### 2.1.3. Sol

Globalement, quatre séries principales des sols sont identifiées à Yangambi (KOMBELE, 2004) : Série Yangambi (Y<sub>1</sub>), série Yakonde (Y<sub>2</sub>), série Isalowe (Y<sub>3</sub>), et la série Bohondé-Boto (AT). La série est l'unité cartographique de base qui regroupe les sols développés à partir d'un même matériau parental et présentant des horizons génétiques similaires en ce qui concerne les caractéristiques de leur différenciation et leur arrangement dans le profil (SYS et *al.*, 1961). La répartition spatiale des séries de sol à Yangambi suit les trois grandes unités géomorphologiques de la région à savoir, le plateau, le versant, le bas fond formant la «catena de Yangambi », modifiée par Van Wambeke en «catena texturale de Yangambi » (De LEENHEER et *al.*, 1952 ; VAN WAMBEKE, 1957).

Deux séries de sol ont été retenues dans le cadre de cette étude : Yangambi et Yakonde.

Les conditions essentielles qui ont prévalu dans le choix de ces paysages sont :

- ◆ La présence des écosystèmes variés déterminés par des occupations du sol répondant aux critères de gradient d'intensification forêt dense-végétation modifiée ;
- ◆ Le manque de données pédologiques locales en relation avec les écosystèmes en présence.

La série Yangambi occupe les plateaux et la série Yakonde les hauts de versant. Leurs principales caractéristiques sont:

- Série Yangambi (Y<sub>1</sub>): Sols des plateaux, développés sur les sédiments éoliens non remaniés et fortement altérés, de texture argilo-sableuse (20-40% d'éléments fins) ; ocre-rouge (7.5YR 5/6-6/4) parfois jaune (10YR 6/4-7/2), présentant une couche humifère peu épaisse (VAN WAMBEKE, 1957).
- Série Yakonde (Y<sub>2</sub>): Sols de haut de versant, développés sur des sédiments éoliens forts altérés et remaniés par colluvionnement ; de texture sablo-argileuse (20-30% d'éléments fins); ocre-jaune (7.5YR6/4); et présentant en générale une structure pulvérulente en surface, finement grumeleuse en profondeur (SYS et *al.*, 1961); sols acides, avec la teneur en cations basiques très faible (MAMBANI, 1982) ; la couche humifère est plus développée et l'infiltration de la matière organique y est plus profonde que la série Yangambi (KOMBELE, 2004).

#### **2.1.4. Végétation**

Les principaux types de végétation à Yangambi peuvent être classés en deux groupes: végétation du type non-modifié et celle du type modifié ou anthropisé.

##### **2.1.4.1 Végétations non modifiées**

On y distingue trois classes ci-après :

- Les forêts semi-caducifoliées à *Scorodophleus zenkeri* Harms (VAN WAMBEKE et al., 1956);
- Les forêts ombrophiles sempervirentes à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild) ex Hoyle;
- Les forêts ombrophiles sempervirentes lourdes (ou forêts climaciques) à *Brachystegia Laurentii* (De Wild). (LEBRUN et GILBERT, 1954; GERMAIN et EVRARD, 1956). On peut ajouter à cette catégorie, les forêts non modifiées des vallées et bas-fonds (VAN WAMBEKE, 1956).

##### **2.1.4.2. Végétations modifiées**

Elles constituent une mosaïque paysagère dans la concession de l'INERA et regroupent en son sein, les recrus forestiers, la parasoleraie, les forêts secondaires remaniées, les regroupements artificiels (VAN WAMBEKE et al., 1956); les savanes (*esobé*), les forêts subnaturelles, les friches herbeuse et les jardins de case (KOMBELE, 2004).

#### **La population**

Après l'indépendance de la RD Congo, la population de Yangambi (centre) était de 19000 habitants (environ 76 hab. /km<sup>2</sup>) constituée en majorité des travailleurs de l'INERA qui viennent en quasi-totalité des villages paysans de l'ancienne concession de la dite institution (Turumbu, Lokele, Mbole-lokele, Topoke) et des territoires voisins dans la province orientale (Kisangani, Banalia, Basoko, Yahuma, Opala, et Ubundu).

Actuellement, on estime que la région de Yangambi est habitée par au moins 33 000 habitants (statistiques du bureau de District, année 2009) mais inégalement repartis dans la concession.

Suite au ralentissement des activités de recherche à l'INERA et à la modicité salariale, la population vit essentiellement de l'agriculture, la chasse et du ramassage des produits forestiers non ligneux (chenilles, champignons, escargots...).

## **2.2. Matériels de collecte de données**

Le matériel pour la collecte de données était composé du matériel pédologique et non pédologique.

Le matériel non pédologique utilisé sur terrain était constitué de: deux pentadécamètre pour la mesure de longueur des transects, un galon pour la mesure de la circonférence des arbres, quelques jalons pour les alignements et le cheminement des transects, un GPS pour relever les coordonnées géographiques, une boussole pour l'orientation géographique des transects, une machette pour dégager le passage dans la forêt, des sacs en plastique pour la conservation des échantillons de sol, 162 cylindres de copecky pour la mesure gravimétrique de la densité apparente du sol, deux valises de pédologue pour le transport des échantillons du sol, un carnet, un appareil photo numérique, un stylo et un crayon.

Le matériel utilisé pour l'analyse des échantillons de sol au laboratoire était constitué par: des tamis, erlenmeyer, colonnes, capsules, pipettes, entonnoir, balance, dessiccateur, étuve pour la mesure de la densité apparente, un spectrophotomètre pour le dosage de phosphore disponible du sol.

Les échantillons du sol prélevés dans les tranches de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm de profondeur sous trois classes d'occupation du sol (jachère, lisière, et forêt dense) ont servi pour le dosage du phosphore disponible ( $P_2O_5d$ ) et à la mesure gravimétrique de la densité apparente du sol au laboratoire.

## **2.3. Méthodes**

### ***2.3.1. Layonnage***

Les travaux de layonnage ont consisté à l'installation d'un réseau de trois transects de 500 m de long, traversant les trois classes d'occupation du sol (jachère, lisière et la forêt dense); suivant la direction Est-Ouest.

Le traçage des layons s'est réalisé comme suit: à partir d'un point choisi dans la jachère, nous avons matérialisé le layon de base d'un mètre de large ; et les transects secondaires étaient installés parallèlement l'un par rapport à l'autre à une équidistance de 50 m, perpendiculairement au layon de base. L'angle d'orientation des transects était de 330° Sud. L'ouverture des layons s'est faite dans le respect de l'écologie de chaque classe d'occupation du sol en abattant moins la végétation en place. En particulier les arbres à dhp supérieur à 5 cm étaient maintenus et contournés.

### ***2.3.2. Installation des fosses pédologiques***

Les travaux de sondage d'habitats et de relevés des paramètres éco-climatiques tels que la température du sol et de l'air, l'humidité relative du sol et de l'air, la vitesse du vent réalisés par le Doctorant ALONGO dans la région de Yangambi nous ont servi de base à l'installation des fosses pédologiques dans les trois classes d'occupation du sol. La largeur de lisière caractérisée dans les deux sites était de 60 et 78 m respectivement, pour Yakonde et Yangambi.

Pour chaque transect, trois fosses pédologiques de 1 x 1 x 0,5 m ont été installées dans chaque classe d'occupation du sol, soit neuf fosses par transect et vingt sept fosses pour les trois transects à raison de neuf fosses par classe d'occupation du sol.

Toute fois, il faut signaler que pour les fosses pédologiques de la zone lisière, une fosse était installée à la limite nette de lisière de deux classes d'occupation du sol adjacente, une dans la lisière jachère et une autre dans la lisière forêt. Ainsi, un total de cinquante et quatre fosses pédologiques ont été installées dans les deux sites.

### ***2.3.3. Prélèvement d'échantillons du sol***

Pour bien apprécier l'impact de l'anthropisation sur les deux paramètres édaphiques étudiés, nous n'avons considéré que la partie supérieure du solum biodynamique (0-30 cm) souvent influencée par les activités humaines et la matière organique émanant de la végétation en place. (MANIL, NANSON et GENNART, dans KOMBELE, 2004).

Deux types d'échantillons ponctuels (perturbés et non perturbés) étaient prélevés dans les tranches de 0-10 cm, 10-20 cm, et 20-30 cm de profondeur ; puis mis dans la valise du pédologue et en suite amenés au laboratoire pour le dosage du phosphore disponible et la mesure gravimétrique de la densité apparente du sol.

Ainsi, 162 échantillons non perturbés prélevés à l'aide des cylindres de copecky ont servi à la mesure gravimétrique de la densité apparente du sol au laboratoire et 162 échantillons du sol perturbés, prélevés à l'aide d'un couteau du prospecteur et mis en sachet ont servi pour le dosage de phosphore disponible du sol.

#### ***2.3.4. Inventaire floristique***

Pour mettre en évidence les relations sol-plante et sans pour autant faire une étude phytosociologique exhaustive, un inventaire à plein pour un but purement scientifique consistant à couvrir des petites superficies dans chaque classe d'occupation du sol était réalisé en vue d'identifier les espèces les plus abondantes dans les deux sites d'étude.

C'est ainsi qu'une parcelle d'environ 0,6 ha a été délimitée dans chacune de trois classes d'occupation du sol pour l'inventaire floristique du site Yakonde et 0,72 ha pour celui du site Yangambi. Les arbres de 10 cm de dhp ont été identifiés et marqués à l'aide de la peinture.

#### ***2.3.5. Méthodes d'analyse au laboratoire***

##### **2.3.5.1. Dosage du phosphore disponible du sol**

La détermination du phosphore disponible du sol a été réalisée selon la méthode de Bray 2 (recueil de mode opératoire science du sol de l'IFA-Yangambi 2007 ; CIRAD, 2004). Le principe et le mode sont donnés dans l'annexe du présent travail.

##### **2.3.5.2. Mesure de la densité apparente du sol**

La densité apparente a été déterminée dans les couches 0-10; 10-20 et 20-30 cm par la méthode au cylindre (YORO et GODO, 1990) en trois répétitions par classe d'occupation du sol le long de transect et neuf répétitions dans chaque classe d'occupation pour les trois transects. Les détails sur le principe de la méthodologie utilisée sont mieux explicités en annexe.

##### **2.3.5.3. Analyses statistiques**

Les analyses statistiques des résultats ont été faites à l'aide du logiciel STATISTICA 6.0. L'analyse de variances (ANOVA) et les comparaisons des moyennes ont été faites par les tests de Tukey et de Newman-Keuls, au seuil de 5%.

Les relations linéaires entre les deux variables ( $n = 9$ ) ont été établies en utilisant les coefficients de corrélation de Pearson grâce au logiciel de traitement statistique.

### 2.3.5.4. Typologie de la réponse de la densité apparente et du phosphore disponible face à l'hétérogénéité des classes d'occupation du sol

Pour pouvoir bien interpréter les données en rapport avec les deux paramètres édaphiques étudiés face l'hétérogénéité d'occupation du sol (effet de lisière) conséquence de l'anthropisation du paysage, nous nous sommes référés au model de la typologie élaborée par Léon IYONGO et Jan BOGAERT (IYONGO W, 2008) sur la réponse des espèces de rongeurs face à l'hétérogénéité d'habitats, tels que repris dans le tableau 1.

Tableau 1: Typologie de la réponse des espèces à l'hétérogénéité d'habitats

Types	Habitat 1	Habitat 2	Habitat 3	Interprétations
I	a	a	a	Pas d'effet de lisière, espèce est généraliste ; pas de différence d'abondance entre les habitats.
II	a	b	a	Effet de lisière : si $b > a$ , espèce préfère la lisière et si $b < a$ , espèce évite la lisière.
III	a	b	c	Effet de lisière : espèce s'adapte différemment à chacun des habitats ; si $b > a$ et $b > c$ , espèce préfère la lisière ; si $b < a$ et $b < c$ espèce évite la lisière.
IV	a	ab	b	Effet de lisière : l'abondance de l'espèce dans la lisière est intermédiaire de celle des habitats adjacents.
V	a	a	b	Pas d'effet de lisière : si $a > b$ , espèce évite l'habitat 3 et si $b > a$ , espèce cherche l'habitat 3.
VI	ab	a	b	Pas de détection d'effet de lisière.

Source : Léon IYONGO W ,2008

## Chapitre III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Afin de mieux apprécier l'effet de lisière sur le phosphore disponible et la densité apparente du sol, nous avons différenciés les résultats de ces deux variables par tranche du sol (0-10cm, 10-20cm, 20-30cm) et la moyenne verticale (0-30cm), suivant les deux écosystèmes (séries Y<sub>1</sub> et Y<sub>2</sub>).

### 3.1. Phosphore disponible (P<sub>2</sub>O<sub>5d</sub>)

#### 3.1.1. Teneur en phosphore disponible du sol (P<sub>2</sub>O<sub>5d</sub>) de la série Yangambi

Le tableau 2 présente les données complètes de la teneur en phosphore disponible en fonction des trois tranches du sol et la moyenne verticale.

Tableau 2: Teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5d</sub> (ppm) dans les trois tranches de profondeur du sol de la série Y1.

Classes d'occupation du sol	Equidistance (m)	P <sub>2</sub> O <sub>5d</sub> (ppm) dans les trois tranches du sol			
		0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	Moyenne verticale
Jachère	50	1,37	0,43	0,12	0,64 ± 0,12
Jachère	100	0,90	0,5	0,10	0,50 ± 0,06
Jachère	150	0,95	0,32	0,29	0,52 ± 0,30
Lisière	200	1,45	0,74	0,51	0,90 ± 0,23
Lisière	236	1,41	0,70	0,61	0,91 ± 0,27
Lisière	272	1,65	0,73	0,52	0,97 ± 0,16
Forêt dense	322	0,98	0,63	0,19	0,60 ± 0,19
Forêt dense	372	1,00	0,32	0,15	0,49 ± 0,22
Forêt dense	422	0,90	0,30	0,15	0,45 ± 0,16

Il ressort de ce tableau que les valeurs moyennes de la teneur en phosphore disponible obtenues dans la tranche de 0-10 cm de profondeur du sol de la série Yangambi varient entre 0.9 ppm (sous forêt) et 1.65 ppm (dans la zone de lisière). Dans la tranche de 10-20 cm de profondeur les

valeurs moyennes de la teneur en phosphore disponible du sol sont de 0.3 ppm (sous forêt) et 0.74 ppm (dans la zone de lisière). Quant à la tranche 20-30 cm de profondeur, les teneurs moyennes en phosphore disponible varient entre 0.10 ppm (sous la jachère) et 0.61 ppm (sous forêt).

La comparaison de trois tranches du sol étudiées sous trois classes d'occupation du sol montre que, la tranche de 0-10 cm de profondeur dans la zone de lisière est plus fournie en phosphore disponible que les autres tranches de deux classes d'occupation du sol adjacentes. En général, la teneur en phosphore disponible varie inversement en fonction de la profondeur du sol ; ceci peut s'expliquer par la faible mobilité de cet élément dans le profil pédologique et son origine essentiellement organique dans les sols tropicaux. En effet, selon DABIN, 1970 ;et KOMBELE,2004 ;la matière organique étant une fonction inverse de la profondeur du sol, sa décomposition dans les couches superficielles du sol joue le rôle de complexer l'aluminium et le fer qui souvent bloquent le phosphore dans les sols tropicaux, ainsi, augmente- elle la solubilité du phosphore en le rendant disponible pour les plantes.

En considérant la tranche entière de 0-30 cm de profondeur, le sol de lisière présente les moyennes verticales en phosphore disponible supérieures ( $0.97 \pm 0.27$  ppm) par rapport aux deux autres classes d'occupation du sol adjacentes ( $0.64 \pm 0.12$  ppm sous la jachère herbeuse) et ( $0,49 \pm 0,22$  sous forêt dense). La figure 5 illustre bien la variabilité de cet élément dans cette tranche de profondeur du sol.

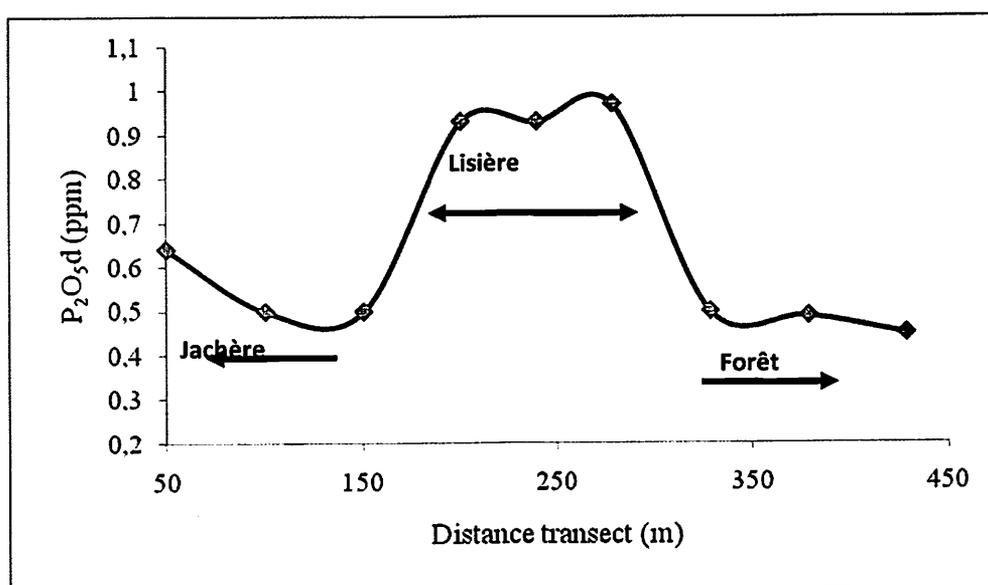


Figure 5: Evolution des teneurs en  $P_2O_5d$  sous jachère, lisière et forêt dense le long du transect dans la série Yangambi

Cette figure fait remarquer que la teneur en phosphore disponible augmente avec l'effet de lisière. La réponse du phosphore disponible face à l'anthropisation correspond au type II (tableau 1). Les teneurs en phosphore disponible dans la tranche de 0-30 cm de profondeur du sol diminuent de la zone de lisière vers les deux classes d'occupation du sol adjacentes. Ceci atteste une discontinuité écologique entre la lisière et les deux classes d'occupation du sol adjacentes (la jachère et la forêt dense).

### 3.1.2. Teneur en phosphore disponible du sol (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>d) de la série Yakonde

Les données complètes sur les teneurs moyennes en phosphore disponible du sol pour les trois tranches du sol étudiées ainsi que la moyenne verticale sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 3: Teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>d (ppm) dans les trois tranches de profondeur du sol de la série Y2

Classes d'occupation du sol	Equidistance (m)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> d (ppm) dans les trois tranches du sol			
		0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm	Moyenne verticale
Jachère	50	2.44	1.27	0.63	1.45 ± 0.20
Jachère	100	1.71	1.34	0.73	1.26 ± 0.21
Jachère	150	1.58	1.05	0.84	1.16 ± 0.25
Lisière	200	1.58	0.77	0.60	0.98 ± 0.31
Lisière	230	1.30	0.88	0.77	0.88 ± 0.23
Lisière	260	1.02	0.72	0.51	0.77 ± 0.25
Forêt dense	310	1.32	0.65	0.55	0.84 ± 0.27
Forêt dense	360	1.30	0.69	0.81	0.93 ± 0.16
Forêt dense	410	0.67	0.63	0.63	0.65 ± 0.15

Les résultats tels que consignés dans le tableau 3 stipulent que, les valeurs moyennes de la teneur en phosphore disponible obtenues dans la tranche de 0-10 cm de profondeur du sol varient entre 0.67 ppm (forêt) et 2.44 ppm (jachère). Dans la tranche de 10-20 cm de profondeur, les valeurs moyennes de la teneur en phosphore disponible sont de 0.63 ppm (sous forêt) à 1.34 ppm (sous la jachère). La tranche de 20-30 cm quant à elle, a présenté des teneurs moyennes en phosphore

disponible variant entre 0.51 ppm (dans la lisière) et 0.84 ppm (dans la jachère). Les valeurs élevées de phosphore disponible dans cette série de sol pour les trois tranches du sol, sont enregistrées dans la tranche de 0-10cm et dans la jachère.

Contrairement à la série Yangambi, le sol de la série Yakonde est plus fourni en phosphore disponible et cela, dans la jachère pour les trois tranches étudiées.

Considérant la tranche entière de 0-30cm, la moyenne verticale en phosphore disponible montre une évolution descendante de la jachère vers la forêt dense telle que illustrée dans la figure 6.

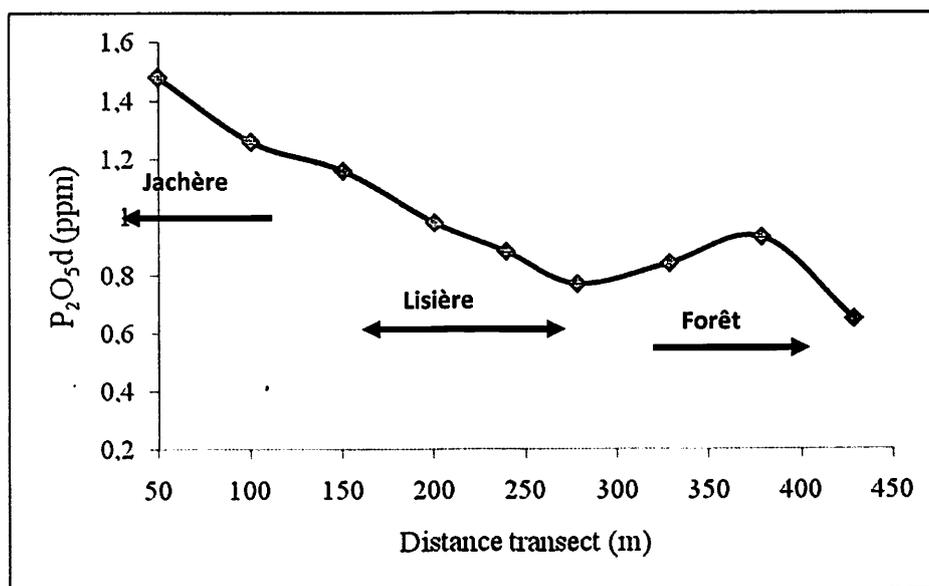


Figure 6: Evolution des teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>d sous jachère, lisière et forêt dense le long du transect dans la série Yakonde.

Cette figure montre l'impact positif de l'anthropisation sur la disponibilité du phosphore dans le sol. La lisière influence donc négativement le phosphore disponible du sol.

La courbe ainsi représentée montre une diminution de la teneur en phosphore disponible de la jachère vers la lisière puis une légère augmentation dans la forêt dense. Toute fois, la valeur la plus faible de cette variable est notée dans la même classe d'occupation du sol (forêt dense : 0,65 ± 0,15). La teneur en cet élément dans la zone de lisière est donc intermédiaire aux deux classes d'occupation du sol adjacentes. Ainsi, il se dégage une continuité écologique entre la zone de lisière et la forêt, mais une discontinuité entre la jachère et les deux autres classes d'occupation du sol adjacentes.

### 3.2. La densité apparente du sol (Da)

#### 3.2.1. La densité apparente du sol de la série Yangambi

Les valeurs de la densité apparente par tranche du sol et selon les classes d'occupations du sol sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4: Moyenne de Da (g/cm<sup>3</sup>) dans les trois tranches de profondeur du sol de la série Y1

Classes d'occupation du sol	Equidistance (m)	Da (g/cm <sup>3</sup> ) dans les trois tranches du sol			
		0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	Moyenne verticale
Jachère	50	1.20	1.45	1.47	1.37 ± 0,15
Jachère	100	1.11	1.38	1.49	1.33 ± 0,19
Jachère	150	1.22	1.24	1.30	1.25 ± 0,04
Lisière	200	1.05	1.26	1.44	1.25 ± 0,10
Lisière	236	1.09	1.15	1.31	1.19 ± 0,15
Lisière	272	0.75	1.14	1.50	1.13 ± 0,15
Forêt dense	322	0.95	1.01	1.30	1.07 ± 0,23
Forêt dense	372	0.80	1.01	1.29	1.03 ± 0,25
Forêt dense	422	0.97	1.03	1.20	1.06 ± 0,28

L'analyse des résultats consignés dans le tableau 4 montre que la densité apparente du sol augmente avec la profondeur sous toutes les classes d'occupation du sol de la série Y<sub>1</sub>.

Dans la tranche de 0-10 cm de profondeur, les valeurs moyennes de la densité apparente sont comprises entre 0,75 g/cm<sup>3</sup> (lisière) et 1,22 g/cm<sup>3</sup> (jachère). Dans la tranche de 10-20 cm, la densité apparente varie entre 1,01 g/cm<sup>3</sup> (sous forêt) et 1,45 g/cm<sup>3</sup> (jachère). Quant à la tranche de 20-30 cm la densité apparente du sol est comprise entre 1,28 g/cm<sup>3</sup> (sous forêt) et 1,49 g/cm<sup>3</sup> (sous jachère).

L'observation du tableau 4 fait remarquer que la valeur la plus faible de la densité apparente est enregistrée dans la tranche de 0 – 10 cm de profondeur et ce, dans la zone de lisière (0,75 g/cm<sup>3</sup>). Cette faible valeur de la densité apparente du sol de lisière confirme sans doute les caractéristiques particulières de cette zone et serait due à la teneur élevée en la matière organique dans les horizons

de surface, imputable aux espèces végétales en place qui fournissent le sol de surface en humus influençant ainsi directement la densité apparente du sol. En effet, l'espèce *Bellucia axinanthera* est la plus abondante dans la zone de lisière (Tableau 15), sa production en feuilles et fruits abondante rend le sol de surface moins dense qu'en profondeur.

Toutefois, le sol forestier a montré également des valeurs faibles de la densité apparente ( $\leq 1\text{g/cm}^3$ ). Les faibles valeurs observées en forêt sont dues également aux processus d'humification et de décomposition ayant lieu préférentiellement dans les horizons supérieurs du sol, et aussi à l'incorporation de la litière et le renouvellement racinaire (Boa, 1990). Ce qui confère une structure soit grumeleuse ou particulaire à ces horizons et les rendent plus aérés donc, moins cohérents.

D'une façon globale, la moyenne verticale (0 -30 cm) de la densité apparente du sol de la série Yangambi sous les trois classes d'occupation se situe entre  $1,02\text{ g/cm}^3$  (forêt dense) à  $1,37\text{ g/cm}^3$  (sous la jachère). Les différences des moyennes verticales observées sont mieux illustrées par la figure 7.

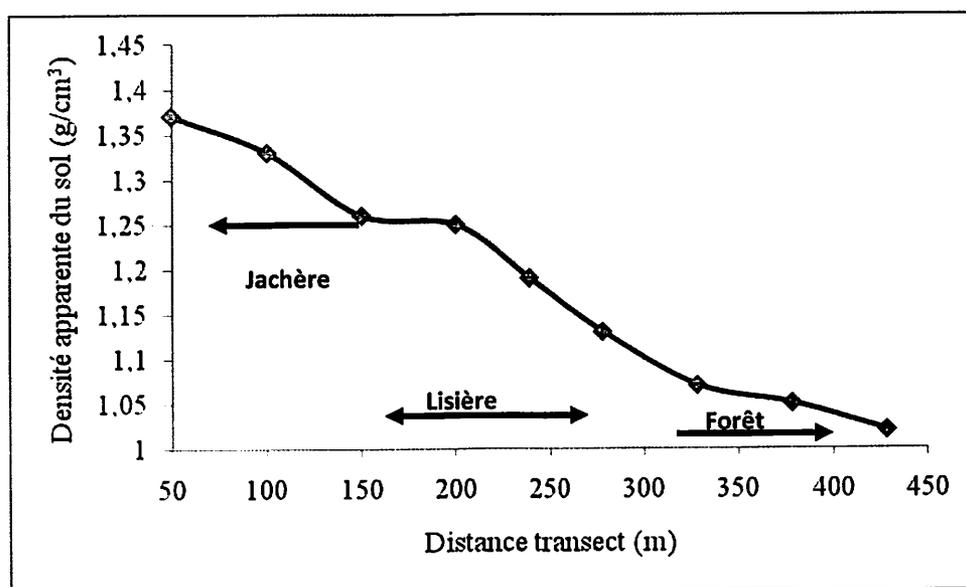


Figure7: Evolution de la densité apparente du sol sous jachère, lisière et forêt dense le long du transect de la série Yangambi.

Il se dégage de cette figure, une diminution globale de la densité apparente du sol de la jachère vers la forêt dense. D'ou effet de lisière sur la densité apparente du sol. La lisière exerce donc un effet atténuateur (tampon) sur ce paramètre du sol par rapport aux deux classes d'occupation du sol adjacentes. Ce fait confirme le comportement très particulier de la zone de lisière dans ce

paysage (série Y<sub>1</sub>). Il existe donc une discontinuité écologique entre les trois classes d'occupation du sol de la série Yangambi en rapport avec la densité apparente du sol.

### 3.2.2. La densité apparente (Da) du sol de la série Yakonde

Le tableau 5 présente les moyennes de la densité apparente dans les trois tranches de sol étudiées, selon les différentes classes d'occupations du sol :

Tableau 5 : Moyenne de Da (g/cm<sup>3</sup>) dans les trois tranches de profondeur du sol de la série Y2

Classes d'occupation du sol	Equidistance (m)	Da (g/cm <sup>3</sup> ) dans les trois tranches du sol			
		0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	Moyenne verticale
Jachère	50	1.41	1.41	1.52	1.45 ± 0,11
Jachère	100	1.17	1.40	1.43	1.33 ± 0,11
Jachère	150	1.08	1.39	1.37	1.27 ± 0,13
Lisière	200	1.20	1.10	1.29	1.19 ± 0,14
Lisière	230	1.16	1.20	1.37	1.24 ± 0,17
Lisière	260	1.21	1.15	1.26	1.20 ± 0,20
Forêt dense	310	1.14	1.26	1.39	1.26 ± 0,20
Forêt dense	360	1.08	1.39	1.39	1.28 ± 0,17
Forêt dense	410	0.93	1.23	1.30	1.15 ± 0,19

Les moyennes de la densité apparente du sol observées dans la série Yakonde sous toutes les classes d'occupation du sol et dans toutes les tranches étudiées telles que consignées dans tableau 5 sont comprises entre 0.93g/cm<sup>3</sup> (forêt) et 1.52g/cm<sup>3</sup> (jachère).

Les valeurs les plus faibles sont observées dans la tranche de 0-10cm et les plus élevées dans celle de 20-30 cm. Ce fait confirme que la densité apparente du sol augmente avec la profondeur et qu'elle est tributaire de la texture du sol qui est compact en profondeur qu'à la surface.

Brady et al. (2002), ont observé que les horizons A des sols cultivés ont normalement une densité apparente entre 0.9 et 1.8 g/cm<sup>3</sup> et que les valeurs inférieures à cette gamme caractérisent les couches organiques et les cendres volcaniques. Les valeurs de la densité apparente du sol sous les

trois classes d'occupation du sol retenues se situent bien dans cette gamme (tableau 5). Les auteurs précités signalent en outre que malgré la dépendance de la densité apparente du sol par rapport à sa texture, les pratiques culturales (labours, les apports ou pertes en matière organique, etc.) influencent aussi énormément la porosité dans les horizons de surface et par voie de conséquence cette propriété. Compte tenu de sa teneur en argile relativement faible dans le solum biodynamique et du niveau d'anthropisation élevé, le sol de la série Yakonde présente des différences peu remarquables entre les valeurs de la densité apparente sous nos trois classes d'occupation du sol. Quant à la moyenne verticale (0-30 cm), les valeurs de la densité apparente varient de  $1.15\text{g/cm}^3$  (forêt) à  $1.45\text{g/cm}^3$  (jachère).

la figure 7 illustre les différences des moyennes verticales de la densité apparente.

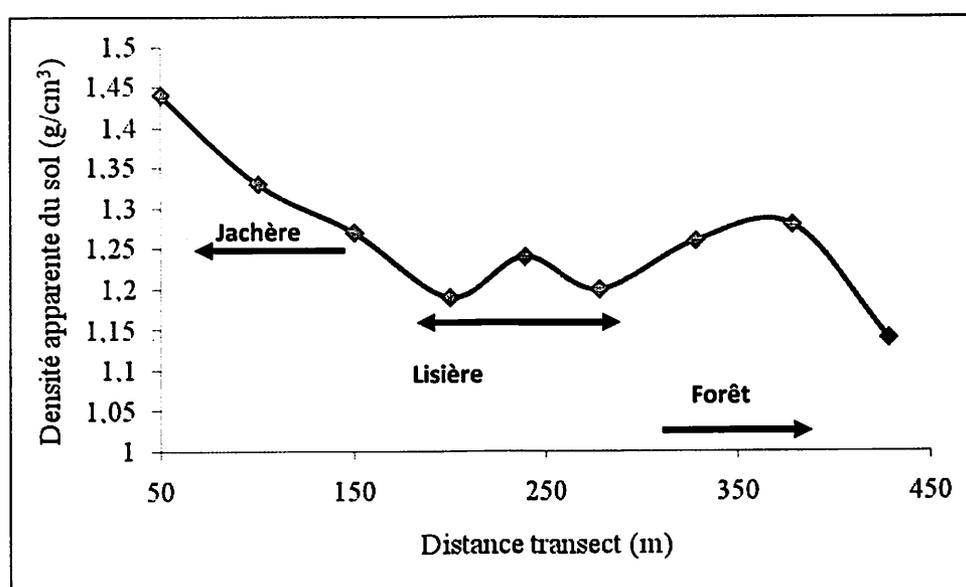


Figure 8: Evolution de la densité apparente du sol sous jachère, lisière et forêt dense le long du transect de la série Yakonde.

Cette figure montre clairement une diminution de la densité apparente du sol de la jachère vers la forêt dense. On n'y observe également que la valeur de la densité apparente trouvée en pleine forêt s'approche de celle de la jachère. Sans doute les valeurs de la densité apparente du sol trouvées dans cette série, sont de même origine. Ce qui a été confirmé par les tests d'ANOVA qu'il n'existe pas des différences remarquables des moyennes verticales de la densité apparente du sol sous les trois classes d'occupation du sol de la série Yakonde.

Toutefois, la figure 8 montre que le pic de la courbe est noté dans la jachère ( $1.45\text{g/cm}^3$ ), et la valeur la plus faible sous forêt ( $1.15\text{g/cm}^3$ ).

### **3.3. Réponses des paramètres édaphiques étudiés face à l'hétérogénéité d'occupation du sol**

#### **3.3.1. Réponses de la disponibilité de phosphore face à effet de lisière**

Les tests de Tukey et de Newman – Keuls, au seuil de 5% ont révélé ce qui suit :

##### **A) SERIE Y<sub>1</sub>**

Dans la tranche de 0-10cm de profondeur, il n'y a pas de différence significative des teneurs en phosphore disponible du sol pour les trois classes d'occupation du sol ( $p=0,16 > 0,05$ ). La réponse de la disponibilité du phosphore correspond au type I (Tableau 1), la zone de lisière ne manifeste aucun effet sur le phosphore disponible du sol.

Dans la tranche de 10 -20 cm, il y a de différence significative des moyennes des teneurs en phosphore disponible sous les trois classes d'occupation du sol ( $p=0,02 < 0,05$ ). La réponse de la teneur en phosphore disponible du sol correspond au type II (Tableau 1), d'où effet de lisière sur la disponibilité du phosphore du sol. La teneur en phosphore disponible augmente donc avec l'effet de lisière par rapport aux classes d'occupation du sol adjacentes.

Dans la tranche de 20-30cm de profondeur, il n'y a pas de différence significative des teneurs en phosphore disponible du sol pour les trois classes d'occupation du sol ( $p=0,15 > 0,05$ ). La réponse de la disponibilité du phosphore correspond au type I (Tableau 1), aucun effet de lisière n'a été observé sur le phosphore disponible du sol.

Considérant la tranche entière de 0 -30 cm, il y a de différence significative des moyennes des teneurs en phosphore disponible sous les trois classes d'occupation du sol ( $p=0,04 < 0,05$ ). La réponse de la teneur en phosphore disponible du sol correspond au type II (Tableau 1), d'où effet perceptible de lisière sur la disponibilité du phosphore du sol. La teneur en phosphore disponible augmente avec l'effet de lisière et diminue dans les deux classes d'occupation du sol adjacentes (figure 5).

##### **B) SERIE Y<sub>2</sub>**

Une différence significative des moyennes des teneurs en phosphore disponible a été observée dans la tranche de 0- 10cm sous les trois classes d'occupation du sol ( $p=0,02 < 0,05$ ). La réponse de la teneur en phosphore disponible du sol correspond au type IV (Tableau 1), la lisière exerce l'effet tampons sur la teneur en phosphore disponible du sol. La disponibilité du phosphore dans la zone de lisière est intermédiaire aux deux autres classes d'occupation du sol adjacentes.

Dans la tranche de 10-20cm de profondeur, pas de différence significative des teneurs en phosphore disponible du sol pour les trois classes d'occupation du sol. La réponse de la disponibilité en cet élément correspond au type I (tableau 1), aucun effet de lisière n'a été observé sur ce paramètre dans cette tranche du sol.

Pour la tranche de 20 -30 cm, la réponse de la disponibilité du phosphore face à l'anthropisation correspond au type III (Tableau 1); ce paramètre édaphique se comporte différemment sous les trois classes d'occupation de sol. Dans cette tranche du sol, la lisière exerce des effets dépressifs sur les paramètres nutritionnels du sol tels que le phosphore disponible.

Considérant la tranche entière de 0 -30 cm, une différence très significative a été observée entre les moyennes des teneurs en phosphore disponible sous les trois classes d'occupation du sol. La réponse de la disponibilité du phosphore du sol face à l'anthropisation correspond au type II (Tableau 1). La lisière influence négativement le phosphore disponible du sol et la teneur en cet élément y est intermédiaire aux deux classes d'occupation du sol adjacentes (figure 6).

### ***3.3.2. Réponses de la densité apparente du sol face à l'hétérogénéité d'occupation du sol***

#### **A) SERIE Y<sub>1</sub>**

Les moyennes de la densité apparente du sol dans la tranche de 0- 10 cm ont enregistré de différences significatives sous les trois classes d'occupation du sol étudiées ( $p=0,02 < 0,05$ ). La réponse de la densité apparente du sol est du type IV (Tableau 1). La densité apparente du sol de lisière est intermédiaire à celle de la jachère et de la forêt. Toutefois les valeurs moyennes telles qu'observées (Tableau 4) montrent un rapprochement du sol de lisière au sol forestier qu'à celui de la jachère.

Dans les tranches de 10 -20 et 20 -30 cm de profondeur, il n'y a pas de différence significative entre les valeurs moyennes de la densité apparente observée dans le sol de la série Yangambi. La réponse de la densité apparente du sol correspond au type I du tableau 1: Aucun effet de lisière sur la densité apparente du sol n'a été observé dans ces tranches du sol.

Dans la tranche de 0 – 30 cm, une différence très significative entre les valeurs moyennes de la densité apparente du le sol observée dans cette série. La réponse de la densité apparente du sol est du type IV (Tableau 1) : Les moyennes de la densité apparente du sol de lisière sont intermédiaires à celles de la jachère et de la forêt dense. La lisière exerce donc un effet tampon sur cette variable physique du sol.

## **B) SERIE Y2**

Dans la tranche de 0 -10 cm, pas de différence significative des moyennes de la densité apparente observée sous les trois classes d'occupation du sol. La réponse de ce paramètre du sol est du type I (Tableau 1), la lisière n'exerce pas d'effet sur la densité apparente du sol dans cette tranche.

Dans la tranche de 10 -20 cm, une différence très significative a été observée entre les moyennes de la densité apparente du sol sous les trois classes d'occupation du sol étudiées. La réponse de la densité apparente du sol est du type II (tableau 1). Quant à la tranche de 20 – 30 cm, il ya une différence très significative entre les moyennes de la densité apparente du sol sous les différentes classes d'occupation du sol étudiées. La réponse de la densité apparente du sol est du type IV (tableau 1). Pour la tranche entière de 0 – 30 cm, aucun effet de lisière n'a été observé. La réponse de la densité apparente du sol est du type I (tableau 1).

### 3.4. Analyse floristique des sites

#### 3.4.1. La richesse floristique

Pour la série Yangambi (tableaux 15, 16, 17, 18 en annexe), sur une superficie de 0.72 ha, 203 arbres ont été inventoriés dans la lisière, ce qui correspond à une densité de 281.9 pieds/ha. Ces arbres appartiennent à 36 espèces, 31 genres et 21 familles. Sous forêt, 316 arbres ont été inventoriés, ce qui correspond à 438.9 pieds/ha, regroupant 72 espèces, 52 genres, et 28 familles. Quant à la jachère herbeuse, l'action de feu de brousse est telle qu'aucun pied d'arbre de  $\pm 5\text{cm}$  de diamètre n'a été inventorié ; la zone étant dominée par les graminées du genre *Panicum maximum*, *Pennisetum*, etc.

Pour la série Yakonde (tableau 19, 20, 21, 22 en annexe), sur une superficie de 0.6 ha, 135 arbres ont été inventoriés dans la lisière ; ce qui correspond à 241 pieds/ha, regroupés dans 41 espèces, 36 genres et 20 familles. Sous forêt dense, 173 arbres étaient inventoriés, correspondant à 308.9 pieds/ha. Ces arbres regroupent 55 espèces, 47 genres, et 24 familles. La jachère quant à elle, n'a donné que 9 arbres correspondant à 16 pieds/ha ; et qui peuvent être groupés en 3 espèces, 3 genres et 3 familles.

#### 3.4.2. Diversité spécifique

##### 3.4.2.1. Diversité- $\alpha$

Pour l'ensemble des inventaires, la diversité a été appréciée pour deux classes d'occupations du sol (la zone de lisière et la forêt), la jachère étant écartée à cause de sa faible densité. Trois indices ont été retenus à savoir : L'indice de Shannon, celui d'équitabilité de Piélou et celui de Simpson (tableau 14 en annexe).

Pour la série  $Y_1$ , la diversité de Shannon et l'hétérogénéité de Simpson sont faible (respectivement 1.88 et 0.6) dans la zone de lisière, indiquant ainsi une faible diversité floristique. De même l'équitabilité de Piélou qui caractérise la manière dont les effectifs se répartissent entre les espèces rencontrées a atteint la valeur de 0,6 ; Ce qui indique une faible équitabilité au sein du peuplement.

Dans la zone forestière, l'indice de Shannon trouvé est de 3.71 et celui de Simpson 0.969 ; ce qui montre une diversité élevée sous la forêt dense. Au demeurant, l'équitabilité de Piélou atteint 0.868 et indique une bonne équitabilité au sein du peuplement.

Pour la série Y<sub>2</sub>, l'indice de Shannon et celui de Simpson trouvés dans la zone de lisière sont respectivement de 3.234 et 0.94. Ils montrent tous deux une diversité spécifique élevée dans la lisière. L'équitabilité de Pielou atteint quant à elle une valeur aussi élevée (0.865).

Sous forêt dense, l'indice de Shannon atteint 3.644 et celui de Simpson 0.965. Ceci montre également une diversité élevée dans la zone forestière. L'équitabilité de Pielou quant à elle, montre une valeur proche de 1 (0.909), signe d'équitabilité élevée. Selon Shimba (2009), l'indice de Shannon peut varier entre 1 et 4.5 pour des relevés de faible taille. Ainsi au regard de nos résultats, les zones de lisière sont faiblement diversifiées que la forêt. Cette situation nous met en contradiction avec la théorie des lisières qui les caractérise comme étant des zones à forte diversité tant animale que végétale (Bogart 2009 ;Shelford cité par Iyongo 2008). Les résultats trouvés peuvent s'expliquer par le fait du dhp retenu pour l'inventaire. En effet, beaucoup d'individus auraient échappé à l'inventaire vue leur dhp <10cm due à l'action du feu fréquent dans la zone. Nous pensons qu'à un dhp  $\geq 2.5$ cm, il aurait une forte diversité dans les zones de lisière.

Comme classiquement en forêt tropicale humide, l'indice de Shannon tend vers des valeurs élevées dans l'ensemble des forêts étudiées.

#### 3.4.2.2. Diversité- $\beta$

Les coefficients de similarité retenus dans ce travail sont ceux de Jaccard et de Sorensen. Le coefficient de Jaccard représente le nombre de cas de présence simultanée de deux espèces considérées divisé par le nombre de cas où au moins l'une de deux est présente. Celui de Sorensen est similaire au précédant, cependant il pondère par deux. Ces deux coefficients sont parmi les plus fréquemment utilisées en phytosociologie. Ils permettent d'exprimer l'existence d'une communauté entre deux formations végétales comparées entre-elles.

similarité faible entre ces deux classes d'occupations au sol.

Pour le paysage de la série Y<sub>2</sub>, le coefficient de Sorensen obtenu est de valeur moyenne (0,54), et montre une similitude assez élevée entre la zone de lisière et la forêt dense.

A) Les coefficients de Jaccard obtenus entre la lisière et la forêt dans les deux paysages étudiés (séries Y<sub>1</sub> et Y<sub>2</sub>) sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6: Coefficient de Jaccard entre la lisière et la forêt des séries Yangambi et Yakonde.

Coeff de Jaccard	Série Yangambi		Série Yakonde	
	Lisière	Forêt	Lisière	Forêt
Lisière	1	0,286	1	0,347
Forêt	0,286	1	0,347	1

Il ressort de ce tableau que la valeur du coefficient de Jaccard obtenue entre la lisière et la forêt dans la série Yangambi est faible (0,286) ; et démontre l'existence d'une faible similitude entre ces deux classes d'occupation du sol. Quant à la série Yakonde, la valeur de ce coefficient reste également faible (0.347), et indique une similitude toujours assez faible entre la zone de lisière et la forêt dense. Toutefois, le coefficient de Jaccard trouvé dans le paysage de la série Yakonde reste supérieur à celui de la série Yangambi.

B) Quant au coefficient de Sorensen, les valeurs obtenues entre les deux classes d'occupations du sol de nos deux paysages sont présentées dans le tableau 7.

Tableau 7. Coefficient de Sorensen entre la lisière et la forêt des séries Yangambi et Yakonde.

Coeff de Sorensen	Série Yangambi		Série Yakonde	
	Lisière	Forêt	Lisière	Forêt
Lisière	1	0,40	1	0,54
Forêt	0,40	1	0,54	1

La valeur du coefficient de Sorensen obtenue entre la lisière et la forêt dans le paysage de la série Yangambi telle que présenté dans ce tableau reste toujours faible (0,40) confirmant ainsi une similarité faible entre ces deux classes d'occupations du sol.

Pour le paysage de la série Y<sub>2</sub>, le coefficient de Sorensen obtenu est de valeur moyenne (0,54), et montre une similitude assez élevée entre la zone de lisière et la forêt dense.

### 3.4.3. Abondance relatives des espèces et des familles

Dans la série Y<sub>1</sub>, les cinq espèces ci-après sont les plus abondantes dans la zone de lisière: *Bellucia aximanthra* (62.6%), *Macaranga lancifolia* (4.4%), *Musanga cecropioides* (4.4%), *Petersianthus macrocarpus* (2.96%) et *Schorodophloeus zenkeri* (1.48%); et les familles suivantes : *Melastomatceae* (62.6%), *Meliaceae* (5.42%), *Euphorbiaceae* (5.42%), *Cecropiaceae* (4.93%), et *Lecythidaceae* (2.96%) (Tableau 15 et 16 en annexe).

Sous forêt dense, les cinq espèces telles que *Stautia stipitata* (8.51%), *Scorodophloeus zenkeri* (6.62%), *Olax gambecola* (5.68%), *Guarea thompsoni* (5.36%) et *Cynometra hankei* (3.79%) sont les plus abondantes (Tableau 17 en annexe) ; avec les familles telles que *Fabaceae* (18.3%), *Meliaceae* (13.25%), *Myristicaceae* (12%), *Annonaceae* (8.51%), et *Sapotaceae* (7.3%) (Tableau 18 en annexe).

Dans la série Y<sub>2</sub>, les cinq espèces les plus abondantes dans la zone de lisière sont : *Macaranga lancifolia* (16%), *Trichilia rubensis* (10.4%), *Tabernaemontana crassa* (7.4%), *Trilepisium madagascariensis* (5.9%), *Petersianthus macrocarpus* (4.4%), (tableau 19 en annexe) ; avec les familles telles que *Euphorbilaceae* (23%), *Meliaceae* (21%), *Moraceae* (10%), *Apocynaceae* (9%) et *Myristicaceae* (6%) (Tableau 20 en annexe).

Sous forêt dense, les cinq espèces suivantes : *Anonidium mannii* (8.1%), *Hymenocardia ulmoides* (6.9%), *Macaranga lancifolia* (5.8%), *Oncoba welwitschii* (5.2%), et *Albizia adianthifolia* (4.6%), sont les plus abondantes (tableau 21 en annexe) ; et, les cinq familles suivantes : *Euphorbiaceae* (22%), *Annonaceae* (12.71%), *Fabaceae* (9.83%) *Meliaceae* (8.67%), et *Flacourthiaceae* (8.67%) constituent les plus abondantes de la zone (tableau 22 en annexe).

Quant à la jachère, les trois espèces telles que *Morinda lucida*, *Musanga cecropioides*, et *Pycnathus angolens* regroupées dans trois familles ci-après : *Rubiaceae*, *Cecropiaceae*, et *Myristicaceae* sont les plus abondantes.

## Chapitre IV : DISCUSSION DES RESULTATS.

### 4.1. Phosphore disponible du sol ( $P_2O_5d$ )

Le phosphore est un élément essentiel de tous les organismes vivants. Il joue un rôle irremplaçable dans des nombreux processus biologiques comme la croissance, la photosynthèse, et la fixation symbiotique de l'Azote atmosphérique. (MARSCHNER, 1995).

Il fait partie de la composition de l'ADN où il inscrit le code génétique ; et, de l'ARN qui permet la transcription de l'information génétique en protéine. Il est impliqué dans le transfert d'énergie à l'intérieur des cellules par intermédiaire de l'ATP.

Cependant, la disponibilité en cet élément dans la solution du sol reste très faible étant donné sa forte affinité pour les composantes du sol et la faible vitesse de sa libération par altération des roches.

En plus de la méthode Bray II que nous avons utilisée pour quantifier au mieux le stock de phosphore biodisponible, il existe plusieurs autres méthodes (OLSEN, OLSEN-DABIN, JORET-HEBERT, DRYER, etc.) qui n'ont pas été utilisées dans ce travail. Chacune de ces méthodes est fonction des caractéristiques pédologique et surtout du facteur acidité des sols. La méthode Bray II quant à elle est préférable pour les sols Ferralitiques des régions tropicales réputés acides. Elle a donc été choisie car les sols de la région de Yangambi sont des sols ferralitiques (Oxisols dans la classification pédologique américaine et Ferralsol dans la classification FAO) et subissent des fortes dégradations à la fois physique, dues à l'érosion, chimique et biologique, dues à l'acidification et à la forte présence d'oxyde et hydroxyde métalliques.

Cette méthode extrait plus particulièrement le phosphore lié à l'aluminium et au calcium (CIRAD, 2004). Ainsi, la biodisponibilité du phosphore (et des autres éléments) est donc fonction de déterminants chimiques, physiques et biologiques (HINSINGER et *al.*, 2005). C'est la raison pour laquelle, la fraction biodisponible du phosphore du sol peut largement varier en fonction des systèmes sol-plante étudiés mais aussi en fonction des conditions mêmes de ces études.

Les valeurs de phosphore disponible obtenues par la méthode Bray II dans toutes les tranches étudiées sous trois classes d'occupation du sol et pour les deux sites sont généralement déficientes (Tableau 2 et 3). Cette déficience est plus sévère à la série Yangambi dans la jachère et sous forêt dense pour les valeurs enregistrées des moyennes verticales (tableau 2 et figure 5). Les teneurs en

phosphore disponible inférieures à 20 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/kg de sol sont considérées comme trop faibles pour assurer une nutrition phosphatée appropriée de la plupart des plantes. DRECHSEL *et al.* (1996) avaient signalé des carences en phosphore disponible très préoccupantes dans les régions de la Crête Congo Nil (P-Bray 1 < 2 mg/kg) et du Plateau Central (P-Bray 1 < 6 mg.kg-1) à cause du pouvoir fixateur élevé des sols. TROEH *et al.* (2005) affirment que la fixation des composés phosphorés par les oxydes de fer et d'aluminium, et par la matière organique, ainsi que leur degré d'insolubilité sont responsables de la faible disponibilité des formes assimilables par les cultures. Ce phénomène s'avère encore plus sévère dans les sols acides tropicaux riches en argiles de type 1:1 et en sesquioxydes (SANCHEZ, 2002).

Les valeurs de phosphore disponible obtenues (Tableau 2 et 3) indiquent que dans les deux séries de sols étudiés, la tranche de 0-10 cm de profondeur est plus fournie en cet élément. Cette tendance montre que le phosphore en question est sous forme organique, d'où besoin de l'activité biologique pour sa minéralisation. En plus, l'absence de labour mécanique dans ces deux séries de sol amène une accumulation des éléments relativement peu mobiles, comme le phosphore, dans les premiers 10 cm du profil.

En rapport avec la production agricole, l'intervalle de variation du phosphore trouvé dans les deux sites sous trois classes d'occupation du sol est de loin inférieur au seuil critique proposé pour les cultures tropicales (DABIN, 1970). En effet, selon cet auteur le seuil critique est fixé entre 20-30 ppm dans les sols Ferrallitiques pauvres à faible pouvoir fixateur, et aux environs de 50 ppm pour les sols riches en phosphore. Les sols Ferrallitiques à faible pouvoir fixateur ont quant à eux, un seuil critique recommandé de 50-100 ppm.

Les valeurs de phosphore disponible qui varient de 0,9 ppm à 1,65 ppm, sous les différentes occupations du sol de la série Y<sub>1</sub> ont montré des différences non significatives dans la tranche de 0-10 cm et 20-30 de profondeur ; mais significatives pour la tranche de 10-20 cm. Ainsi, la différence significative observée met en évidence l'influence de la zone de lisière sur la disponibilité du phosphore dans le sol et sur l'évolution de ce paramètre dans les milieux anthropisé et non anthropisé.

L'analyse de variance réalisée sur les valeurs de phosphore disponible du sol montre des différences significatives entre les trois classes d'occupation du sol (pour la tranche de 0-30 cm et d'autres tranches du sol prises isolement (tableau 5)), sur toutes les deux séries de sol.

Les tests de comparaison des moyennes de Tukey et de Newman-Keuls, au seuil de 5% ont révélé ce qui suit (Tableau 9):

➤ Dans la tranche entière de 0-30cm, les trois classes d'occupation du sol de la série Yangambi sont significativement différentes entre elles ( $p= 0.04 < 0.05$ ), et peuvent être groupées en deux : La jachère est approchée de la forêt isolant ainsi la zone de lisière. Ce fait met en évidence les particularités de la zone de lisière dans ce site et confirme notre première hypothèse selon la quelle les valeurs de phosphore disponible du sol de la lisière sont différentes de celles de deux autres classes d'occupation du sol adjacentes. Quant à la série Yakonde, la différence observée dans cette tranche du sol est très significative entre les trois classes ( $p= 0.004 < 0.05$ ) ; il s'y dégage deux groupes homogènes : La teneur en phosphore disponible dans la zone de lisière le rapproche plus à la forêt qu'à la jachère. Cet état de chose met en évidence l'effet négatif de lisière sur la disponibilité de certains éléments nutritifs dans le sol. MULLER et BILDERLING (1953) ont observé que les effets de bordure (lisière) réduisent les rendements de certaines cultures tel que le maïs à une distance de 30 m. Bien que cela est due premièrement à l'effet de l'ombrage causé par les arbres aux bordures des champs, les résultats obtenus dans ce travail montrent que cette zone (lisière) influence également les paramètres de la fertilité chimique du sol.

L'isolement de la jachère de deux autres classes d'occupation du sol, démontre les effets bénéfiques des activités anthropiques sur les paramètres nutritionnels du sol tel que le phosphore disponible.

- Pour la tranche de 0-10cm, pas de différence significative observée entre les trois classes d'occupation du sol de la série Yangambi ( $p= 0.16 > 0.05$ ). un seul groupe a donc été identifié; les trois classes d'occupation du sol différent moins en ce qui concerne le phosphore disponible du sol. Quant à la série Yakonde, il existe la différence significative entre les trois classes d'occupation du sol ( $p= 0.03 < 0.05$ ), deux groupes homogènes sont ainsi identifiés : une partie de lisière s'apparente à la forêt et une autre à la jachère. Ce fait démontre l'impact d'anthropisation dans le site. Cela tend à confirmer par voie de conséquence notre hypothèse selon la quelle la lisière ressemblerait plus à la jachère.
- Pour la tranche de 10-20 cm, le test révèle des différences significatives entre les trois classes d'occupation du sol de la série Yangambi ( $p = 0.02 < 0.05$ ). L'hypothèse nulle étant rejetée, il y ressort deux groupes homogènes, la lisière est isolée des deux autres classes d'occupation du sol. Ce fait met en évidence les particularités caractéristiques des zones de contact

engendrées par les effets du feu de brousse fréquent dans ce site ( $Y_1$ ) ; et confirme notre hypothèse selon la quelle la teneur en phosphore disponible du sol de lisière est différente de celle des autres occupations du sol. Quant à la série Yakonde, aucune différence significative observée entre les trois classes d'occupations du sol ( $p = 0.82 > 0.05$ ). Les trois classes constituent donc un seul bloc en rapport avec la disponibilité de phosphore dans le sol (: Forêt = 0.75 ppm, L = 0.69 ppm, et J = 0.68 ppm). Néanmoins une légère augmentation de la teneur en phosphore disponible se fait remarquer en forêt dense.

- Pour la tranche de 20-30cm, pas de différence significative observée entre les trois classes d'occupation du sol de la série Yangambi ( $p = 0.15 > 0.05$ ). La faible mobilité du phosphore dans le profil pédologique et l'absence du travail du sol dans le site expliquent aisément ce fait. Quant à la série Yakonde, les résultats du test sont tels qu'on se réserve de décider sur la différence entre les trois classes d'occupation du sol ( $p = 0.05 = 0.05$ ). Cependant les valeurs moyennes montrent une séparation entre jachère et deux autres classes d'occupation du sol (Forêt = 0.56 ppm, Lisière = 0.52ppm, et Jachère = 0.82 ppm).

#### 4.2. Densité apparente du sol ( $D_a$ )

La densité apparente ( $D_a$ ) du sol est un paramètre important pour la description de la qualité du sol et de ses fonctions écologiques. Elle est une des variables la plus importante dans les études portant sur la structure du sol et ; est en effet, liée à la nature et à l'organisation des constituants du sol (CHAUVEL, 1977). Elle permet, en outre, de calculer la porosité et d'apprécier ainsi indirectement la perméabilité, la résistance à la pénétration des racines (MAERTENS, 1964), la cohésion des horizons (YORO, 1983 ; YORO et ASSA, 1986) et la réserve en eau du sol (HENIN, MONNIER et GRAS, 1969).

Elle est généralement faible ( $\leq 1.3\text{kg/dm}^3$ ) dans "*les sols à structure grumeleuse stable*" comme le chemozem (DU CHAUFOR, 1970). Les horizons humifères des sols tropicaux, relativement structurés (DE BOISSEZON, 1965) se caractérisent par des densités apparentes plus faibles que celles des horizons minéraux sous-jacents à structure massive (KOUAKOU, 1981 ; YORO, 1983).

Il existe plusieurs méthodes de mesure de la densité apparente : celles de laboratoire et celles de terrain qui comprennent essentiellement la méthode au sable, la méthode au cylindre, la méthode densimètre.

Les descriptions, les avantages et les limites d'utilisation de ces méthodes, sont repris dans le Bulletin de Groupe de Travail édité par l'ORSTOM (AUDRY et *al.*, 1973). Ce bulletin n'aborde malheureusement pas le problème de l'uniformité ou de la dispersion des densités apparentes déterminées dans un même sol ou horizon à partir de plusieurs méthodes. Certains travaux comme ceux de BLIC (1987) s'appuient sur les densités apparentes obtenues en utilisant alternativement deux méthodes. Or, les études réalisées par YORO (1983) ; GODO et *al.* (1989) ont montré que pour un même horizon on obtient des valeurs de la densité apparente sensiblement différentes lorsqu'on utilise simultanément la méthode au sable et la méthode au densitomètre à membrane. Ces constatations n'étant pas fondées sur une analyse statistique ne permettaient pas de dégager l'influence de la méthode sur la valeur de la densité apparente.

Une seule méthode fut retenue pour réaliser ce travail à savoir, la méthode au cylindre. Les principes de cette méthode sont fondés sur la détermination du poids spécifique apparent d'un volume de sol prélevé. Le volume est estimé immédiatement sur le terrain alors que le poids est évalué au laboratoire après séchage (105°C) et pesée. La connaissance de ces deux variables permet de calculer la densité apparente du sol.

Des deux variables, le volume apparaît le plus important car sa détermination nécessite beaucoup d'attention et de doigté (AUDRY et *al.*, 1973). Un geste en plus ou en moins et le volume est surestimé ou sous-estimé. Cette mesure simple et peu coûteuse est une pratique courante lors de la caractérisation des horizons d'un sol. Cependant, plusieurs mesures doivent être faites pour obtenir une bonne estimation de la densité et sa variabilité (CASSER et BAUER, 1975).

Au regard de nos résultats, la densité apparente faible est notée sous forêt par rapport aux autres classes d'occupation du sol dans la série Yangambi. Dans cette série de sol et dans la tranche entière de 0-30cm, les valeurs de la densité apparente varient de 1,04 g/cm<sup>3</sup> (sous forêt) à 1,32 g/cm<sup>3</sup> (sous la jachère). Cet intervalle des valeurs de la densité apparente est caractéristique des sols à structure grumeleuse stable. La même tendance fut enregistrée dans la série Yakonde où la densité apparente du sol varie entre 1,21 g/cm<sup>3</sup> (sous forêt) à 1,34g/cm<sup>3</sup> sous la jachère. Au regard de ces résultats on peut déduire que le sol de Yangambi s'est montré plus meuble que celui de la série Yakonde. Néanmoins, toutes les valeurs enregistrées dans les deux paysages et sous trois classes d'occupation du sol s'inscrivent dans la fourchette des sols tropicaux cultivés et non cultivés (BRADY et *al.*, 2002).

Les tests de signification de Tukey et de Newman-Keuls, ont révélé que dans la tranche de 0-10cm de profondeur il existe une différence significative entre les trois classes d'occupation du sol de la série Yangambi ( $p = 0.02 < 0.05$ ) ; l'hypothèse nulle étant rejetée, il s'y dégage deux groupes homogènes dans ce paysage : Le sol de lisière est plus rattaché au sol forestier qu'à la jachère. Les valeurs moyennes de la densité apparente (Forêt =  $0.93\text{g/cm}^3$ , Lisière =  $0.98\text{g/cm}^3$ , Jachère =  $1.18\text{g/cm}^3$ ) démontrent bien l'influence mutuelle de la forêt et jachère dans la zone de contact ; mettant ainsi en évidence l'effet d'anthropisation sur ce paramètre. Quant à la série Yakonde et pour cette tranche de profondeur du sol, il n'y a pas de différence significative entre ces trois classes d'occupation du sol ( $p = 0.96 > 0.05$ ). La tendance des moyennes de la densité apparente trouvée selon ces tests (Forêt =  $1.20\text{g/cm}^3$ , Lisière =  $1.19\text{g/cm}^3$ , Jachère =  $1.21\text{g/cm}^3$ ) met en exergue l'impact d'anthropisation du jardin systématique de Yangambi.

Dans la tranche de 10-20 cm, il n'existe pas de différence significative entre les trois classes d'occupation du sol de la série Yangambi ( $p = 0.05 = 0.5$ ). Quant à la série Yakonde, il existe une différence très significative entre les trois classes d'occupation du sol ( $p = 0.007 < 0.05$ ). Deux groupes homogènes sont identifiés : La lisière avec la valeur moyenne de la densité apparente de  $1.15\text{g/cm}^3$  est apparentée à la forêt ( $1.25\text{g/cm}^3$ ) isolant ainsi la jachère ( $1.40\text{g/cm}^3$ ). Cette différence très significative observée dans la série Yakonde, met en évidence l'influence de l'anthropisation des paysages forestiers sur l'évolution de la densité apparente du sol dans les horizons superficiels.

Dans la tranche 20-30 cm, pas de différence significative observée entre les trois classes d'occupation du sol de la série Yangambi ( $p = 0.68 > 0.05$ ). Ce fait serait dû à l'accumulation en profondeur des argiles lessivées et au fait que cette tranche est faiblement influencée par la matière organique de surface. Quant à la série Yakonde, les tests montrent une différence très significative entre nos trois classes d'occupation du sol ( $p = 0.006 < 0.05$ ). Il se dégage deux groupes : La forêt ( $1.31\text{g/cm}^3$ ) s'apparente à la zone de lisière ( $1.30\text{g/cm}^3$ ) et la jachère ( $1.43\text{g/cm}^3$ ) constitue une classe à part. Les faibles valeurs observées en forêt et dans la lisière peuvent être attribuées aux processus d'humification et de décomposition (pourriture des troncs, des brindilles, des feuilles et ventis d'arbres) ayant lieu préférentiellement dans les horizons supérieurs du sol ; et aussi, à l'incorporation de la litière ainsi qu'au renouvellement racinaire (BOA, 1990; J. M. ARMAND, C. F. NUTTI, 1998), ajouter à cela les tracés des racines et l'activité de la pédofaune.

Ce fait infirme notre hypothèse selon la quelle la zone de lisière s'approche plus de la jachère. En outre, la valeur moyenne de la densité apparente trouvée sous forêt ( $1.31\text{g}/\text{cm}^3$ ) reste élevée et fait preuve de l'impact d'anthropisation dans le jardin systématique de Yangambi.

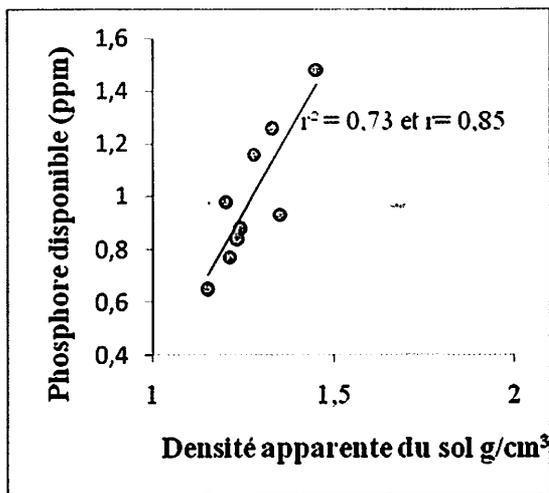
Il faut noter enfin que les faibles valeurs de la densité apparente observées dans la jachère en surface (0-10 cm) dans cette série, sont dues au fait qu'après les récoltes, le sol a été homogénéisé et les débris de la récolte sont enfuis dans le sol. Ce qui veut dire que la jachère tout comme le reboisement améliore la structure du sol en surface.

Considérant la tranche entière de 0 – 30 cm, une différence très significative est observée entre les valeurs moyennes de la densité apparente sous les trois classes d'occupation du sol de la série Yangambi. Trois groupes homogènes sont identifiés : La lisière influence différemment la densité apparente du sol que le ferait la jachère et la forêt. Ce fait met en exergue les effets tampons de la zone de lisière sur ce paramètre du sol et confirme notre hypothèse selon la quelle la valeur de la densité apparente du sol de lisière se diffère de celle des autres classes d'occupation du sol adjacentes. Quant à la série Yakonde, pas de différence significative entre les moyennes de la densité apparente du sol des trois classes d'occupation du sol. Les valeurs moyennes de la densité apparente du sol forestier et de la lisière s'approchent donc de celle de la jachère, ce qui fait preuve de l'origine commune de la densité apparente du sol de la série Yakonde et le niveau élevé de l'anthropisation de ce site.

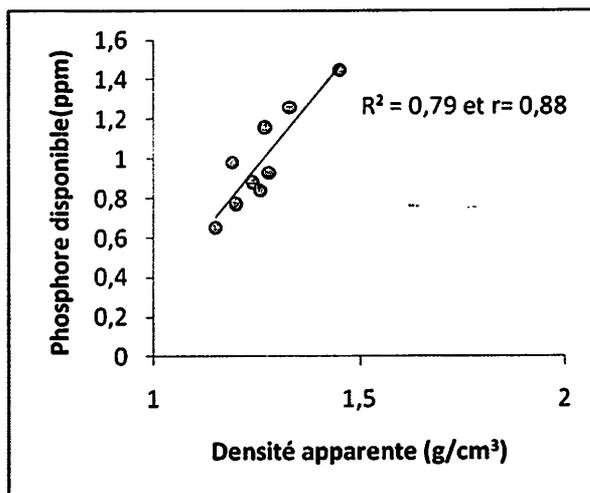
#### **4.3. Relation entre densité apparente et phosphore disponible du sol**

La détermination de corrélation entre certaines propriétés du sol est souvent peu significative étant donnée la variabilité importante rencontrées dans les sols. Les corrélations observées lors de la plupart des études sont rarement généralisables mais, quoi qu'il en soit, les résultats de cette étude peuvent indiquer des tendances à vérifier.

Les figures 8 et 9 présentent donc la corrélation entre la densité apparente et le phosphore disponible ( $\text{P}_2\text{O}_5\text{d}$ ) de deux séries de sol étudiés.



**Figure 8: Relation Da-P2O5d du sol sous jachère, lisière et la forêt dense de la série Yangambi**



**Figure 9: Relation Da-P2O5d du sol sous jachère, lisière et la forêt dense de la série Yakonde**

Ces figures montrent que la densité apparente du sol est étroitement corrélée ( $r = 0,85$  et  $0,88$ ) avec le phosphore disponible du sol. Il existe donc une linéarité entre la densité apparente du sol et la teneur en phosphore disponible dans les deux séries de sol à Yangambi. Cette corrélation est due au fait que la teneur en phosphore disponible et la densité apparente du sol sont soumises à des influences communes de la matière organique qui modifient simultanément leur valeur dans le sens positif.

WILLIAM *et al.* (1987) avaient remarqué que des corrélations peuvent exister entre les propriétés d'un même horizon du sol.

#### 4.4. Diversité spécifique des différentes classes d'occupation du sol

Selon SHELFORD cité par Léon IYONGO (2008), les lisières (écotones) sont des zones caractéristiques d'une richesse spécifique élevée : Elles contiennent des espèces de deux communautés adjacentes et des espèces spécifiques. Cette richesse en espèces des zones de lisière est due en particulier à un rapprochement dans l'espace des niches écologiques et d'habitats variés (DAJOZ, 1975). Les résultats de l'inventaire des tiges de 10 cm de dhp réalisé dans les deux sites sont allés en contradiction avec ces auteurs. Le niveau élevé du dhp retenu (10 cm) en est la cause. Par ailleurs, RICKLEFS et MILLER (2005) ont observé que l'augmentation des zones de lisière résultats de la fragmentation, peut modifier la composition spécifique des communautés locales.

PULLIAM (1986) avait montré également que la diminution de la taille des taches accentue l'effet de lisière et favorise les espèces dites communes au détriment des espèces spécialisées.

## Chapitre V : CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES

La présente étude cadre avec les relations sol – végétation en place.

L'objectif principal visé était d'étudier l'évolution de la densité apparente et la teneur en phosphore disponible du sol face l'hétérogénéité de classes d'occupation de sol conséquence de l'anthropisation des paysages forestiers.

La réponse de ces deux variables pédologiques ont été mesurées sous trois classes d'occupation du sol à l'échelle des plateaux Yangambi (série Yangambi) et Isalowe (série Yakonde), dans la réserve de biosphère de Yangambi.

La méthode de transect qui était utilisée, consistait à tracer un réseau trois transects de 500 m de long et 50 m d'équidistance, traversant les trois classes d'occupation du sol (Jachère, Lisière et Forêt dense) ; dans les quels étaient installées vingt sept fosses pédologiques en raison de neuf fosses par classe d'occupation du sol et qui ont servi au prélèvement du sol pour les analyses de laboratoire.

Les résultats des analyses pédologiques réalisées au laboratoire de l'IFA –Yangambi, ont révélé deux tendances globales relatives aux changements de deux variables pédologiques étudiés face à l'anthropisation :

### 1) Le Phosphore disponible ( $P_{2O5d}$ ) du sol.

- Dans la série Yangambi, la disponibilité de phosphore augmente avec l'effet de lisière (où la moyenne de la teneur en cet élément atteint 0.97 ppm) et diminue dans les deux classes d'occupation du sol adjacentes (avec les moyennes les plus élevées de 0.64 ppm sous la jachère et 0.60 ppm sous la forêt dense).
- Dans la série Yakonde, le flux de la teneur en phosphore disponible augmente dans la classe d'occupation du sol la plus anthropisée (jachère) et diminue avec l'effet de lisière et sous forêt dense. Les moyennes verticales (0 – 30 cm de profondeur) les plus élevées de la teneur en phosphore obtenues atteignent 1.48 ppm sous la jachère ; 0.98 ppm sous la zone de lisière et 0.93 ppm sous forêt dense.

Cette tendance met en évidence les effets positifs de la zone de lisière sur le phosphore disponible du sol de la série Yangambi ; mais négatifs sur le sol de la série Yakonde. En outre les teneurs élevées en phosphore disponible du sol trouvées dans la jachère de la série Yakonde traduisent l'impact positif des activités anthropiques sur la variable chimique du sol

( $P_2O_5d$ ) ; ceci est dû au fait que, la dynamique du phosphore, c'est-à-dire l'équilibre entre ses différentes formes dans le sol et le poids relatif de chacune d'entre-elles, est très différente en fonction des travaux du sol. Les changements qui en découlent se font graduellement et affectent généralement de façon positive la quantité de phosphore disponible dans le sol et ses prélèvements par les plantes.

## 2) La densité apparente du sol.

- Dans la série Yangambi, la densité apparente s'atténue avec les effets de lisière. Dans cette zone, les valeurs de la moyenne verticale (0 – 30 cm) sont donc intermédiaires ( $1.25 \text{ g/cm}^3$ ) à celles des classes d'occupation du sol adjacentes ( $1.37 \text{ g/cm}^3$  sous la jachère et  $1.07 \text{ g/cm}^3$  sous forêt dense) ; ce qui amène à conclure que les trois classes d'occupation du sol influencent différemment la densité apparente du sol et sont donc discontinues du point de vue écologique.
- La même tendance est aussi observée dans le sol de la série Yakonde c'est-à-dire, que le poids spécifique apparent du sol augmente dans la classe la plus anthropisée et diminue avec l'effet de lisière. Toutefois dans cette série de sol, l'évolution de ce paramètre est accompagnée des fluctuations intenses qui annulent les effets atténuateurs de lisière. Les différences entre les moyennes verticales sont donc non significatives et font preuve d'une origine commune de la densité apparente du sol de Yakonde ainsi que du niveau élevé de l'anthropisation de ce site par rapport au site Yangambi.

En guise de conclusion, cette étude a mis en évidence l'impact positif de la zone de lisière de la série Yangambi et de la jachère herbeuse de la série Yakonde sur phosphore disponible du sol. Ainsi, ces deux classes d'occupation du sol peuvent être recommandées aux agriculteurs de la région pour une meilleure production agricole. Toute fois, pour une gestion durable de ce paysage, il est important de rechercher des alternatives à l'agriculture itinérante sur les abattis brûlés par la sensibilisation et la formation des populations vue l'évolution de l'anthropisation dans ces sites. A notre point de vue, l'agroforesterie, constitue l'alternative la plus intéressante pour cette région.

Pour ce faire, une autre voie de recherche pourrait être orientée dans l'identification des espèces fixatrices de phosphore dans nos deux sites afin d'utiliser leur émondes comme mulch.

Pour pouvoir compléter cette recherche, l'analyse des certains paramètres tels que : la matière organique du sol, la toxicité aluminique, le rapport  $Nt/P_2O_5d$ ,...s'avère donc importante pour confirmer les faits relevés dans ce travail

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALONGO, L.S. (2007). Etude de l'effet de lisière sur l'humidité équivalente et la température du sol d'un écosystème forestier de la cuvette centrale congolaise. Mémoire DEA en Gestion e la biodiversité, Université de Kisangani, RD Congo.
- ANTHROP, M. (2001). The language of landscape ecologists and planners. A comparative content analysis of concepts used in landscape ecology. *Landscape and urban planning*. 55 (3) 163 – 173.
- AUDRY (P.), COMBEAU (A.), HUMBEL (F.X.), ROOSE (E.), VIZIER (J.F.), (1973). Essai sur les études de dynamique actuelle des sols. *Bulletin de groupe de travail. ORSTOM, Bondy, multigr.*
- BARIMA, Y.S.S.(2007). Dynamique, fragmentation et diversité végétale des paysages forestiers en milieu de transition forêt-savane dans le département de Tanda (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat. Université libre de Bruxelles, Belgique.
- BARNEAU G. et LEFEUVRE, J.C. (1992). L'écologie avec ou sans l'homme ? In *Les passeurs des frontières* (éd. M. Jollivet), pp69-112. CNRS, Paris.
- BEGUIN, H. (1962). A propos de la population de la région de Yangambi. *Bruxelles : Acad. Roy. Des Sci. D'O-M ; bull. Des scéances, nouvelle série, 928-943.*
- BERG, A., EHNSTROM, B., GUSTRAFFSON, L., HAILLINGBACK, T., JONSELL, M & WESLIEN, J. (1994). Tratened plant, animal and fungus spieces in Swedish forests: distribution and habitat association. *Conservation Biology*, 8,718-731.
- BERGER (J.M.), (1964).- Profils cultureaux dans le centre de Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol., Vol II, 1: 41-68.*
- BLIC (ph.de), (1987). Analysis of a cultivation profile under sugarcane : methodology and results In: *Land developpement and management of Acid soil in Africa II-IBSRAM Proceodings n° 7.*

- BOA, D., 1990. Caractéristiques morphologiques des gravillons ferrugineux sur le bassin versant de BoroBorotou. *Agron. Afri.*, 2(2)83-94.
- BOGAERT; J (2009). Cours d'Ecologie du paysage. Master en Aménagement durable des forêts, Université de Kisangani.
- BOISSEZON (P. de), (1965). – Les sols de savane des plateaux Batéké. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, Vol. III, n° 4 : 291-304.
- BRADY N. C., et WEIL R. R., (2002). *The nature and properties of soil*. 13<sup>th</sup> ed. Upper saddle River. NJ, USA : Pearson Education Inc.
- BUREL, F., et BAUDRY, J. 1999. *Ecologie du paysage. Technique α documentation*. Paris.
- BUREL, F. et BAUDRY, J. (2000). *Ecologie du paysage : Concepts, méthodes et applications*. TEC α DOC, Paris.
- CHAUVEL (A.), (1977).-Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastés. Evolution et réorganisation des sols rouge de moyenne Casamance. Thèse, Université de Strasbourg. ORSTOM, Paris. Coll. Trav. Et Doc., n°62, 532pp.
- CHEN, J., FRANKLIN, J.F. et SPIES, T. (1991). Vegetation responses to edge environments in old-growth Douglas-fir forest. *Ecol. Appl.* 2, 387-396.
- CIRAD, (2004). *Catalogues des analyses courantes, laboratoire d'analyses, développement persyst*.
- CNUED. (1992). Rapport de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement. Sommet de la terre à RIO, juin 1992. Chap. 32, section 3.
- COLLINET (J.), (1988).- Comportement hydrodynamique et érosif des sol de l'Afrique de l'Ouest. Evolution des matériaux et des organisations sous simulation de pluies. Thèse, Université de Strasbourg, 513pp., multigr.
- DABIN, B. (1970-a). Méthode de l'étude de la fixation du phosphore sur les sols tropicaux, Paris : *Cot fibr.trop* ; 25, 213-234 et 289-310.
- DAJOZ, R.,(1975) *Précis d'écologie*. Troisième édition revue et augmentée. Dumond pp 23 - 134

- DUCHAUFOR (P), (1970).- Précis de Pédologie. Masson, 3<sup>e</sup> édition, Paris.
- DEFOURNY, P., FREDERIC, D., et HUBERT, G. (1983). Espace et temporalité pour une analyse multidisciplinaire des jeux d'acteurs. Academia bruyant.
- De LEENHER L., D'HOORE J., et Sys K. (1952). Cartographie et caractérisation pédologique de la catena de Yangambi. : Publ. INEAC., série scient. n°55, 62p.
- DIVIGNEAU, J.L. (1984). Structure et dynamique de quelques forêts tropicales de l'Ouest africain (C.I). Doctorat Pierre et Marie Curie, Paris VI, France.
- DRACHAUSSF. V., FOCAN, A., HECQ, J., 1991. Le développement rural en Afrique central 1908 – 1960/1962. Synthèse et réflexions. Bruxelles : Fondation roi Baudoin. Vol. I et II, 120p.
- DRECHSEL P., STEINER K.G. et HAGERDON F., (1996). A review on the potential of improved fallows and green manure in Rwanda. *Agroforestry syst.*, 33, 109-136.
- F A O, 2006. Guidelines for soil description.
- F A O, 2009. Situation des forêts du monde: Rapport de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation. Rapport biennal.
- FORMAN R.T.T. & GODRON M. (1986). *Landscape ecology*. New York, USA.
- FORMAN R.T.T. (1997). *Land mosaics: the ecology of landscape and regions*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- GALLOPIN, G. C. (1991). « Les dimensions sociales des changements de l'environnement : Articulations entre processus planétaires et locaux » *Revue internationale des sciences sociales*, n°130, pp757.
- GERMIN, R., et EVRARD, C., (1956). Etude écologique et phytosociologique de la forêt à *Brachystegia laurentii*. Bruxelles. Publ. INEAC., série scient. n°67, 102p.
- GODO, G., YORO, G., GOUE, B., AFFROU, Y. (1989).-Caractérisation physique et socio-économique du site expérimental IBSRAM de Bécédi, sous préfecture de Sikensi. ORSTOM-IBSRAM, 33pp., multigr.

- HANSKI, I.K., FENSKE, T.J., et NIEMI, G.J. (1996). Lack of edge effect in nesting success of breeding birds in managed forest landscapes. *Auk*, 113, 578-585.
- HENIN, S., GRASS R., et MONNIER G. (1969). Le profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. Masson et scie, Editeur, Paris. 332p.
- HOBBS, R. J. (1993). Effects of landscape fragmentation on ecosystem process in the Western Australian Wheat belt. *Biol. Conserv.* 64, 193-201.
- ION IOGULESCU et SHCLAEPFER, R. (2000). Paysage en tant qu'éco complexe : Définition, types, caractéristiques, fonctionnement et fonction : Ecole Polytechnique fédérale de Lausanne. Laboratoire de Gestion des écosystèmes (EPFL)
- KING, A.W. (1999). Hierarchy theory and the landscape level ? Or: words to matter in: Issues in landscape ecology (eds J.A. WEIN & M.R MOSS) pp6-10 pionner Press of Greely Inc. Greely (Co) USA.
- KOMBELE, B., (2004). Diagnostic de la fertilité des sols dans la cuvette centrale congolaise. Cas des séries Yakonde et Yangambi. Thèse de doctorat Faculté Universitaire des sciences Agronomiques de Gembloux.
- KOUAKOU (K.), (1981).- Etude de la dynamique actuelle d'un sol ferrallitique sous jachère de trois ans, sous jachère de vingt ans et sous forêt en basse côte d'Ivoire. Rapport de stage (ENSA d'Abidjan). ORSTOM, Adiopodoumé, 16pp., multigr.
- KREMESTER, L. et Bunel, F.L (1999). Edge effects : theory, evidence and implication to management of Western North American forest. Pp. 117-153 in forest Wildlife and Fragmentation: Management implications. J. Rochelle, L.A. Lehmann and J. Wisniewski, eds. Brill, Leiden, Germany.
- LAMOTTE, M. (1978). Savane préforestière de lamto, C.I., In : Problèmes d'écologie : Ecosystème terrestre (eds M. Lamotte).
- LAURENCE, W.F. (1989). Ecological impacts of tropical forest fragmentation on nonflying mammals and their habitats. PhD thesis, University of California, Berkeley, California.

- LAURENCE, W.F. (1991). Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for the design on nature reserves. *Biol. Cons.* 57 : 205-219.
- LAURENCE, W.F., FERREIRA L.V., RAKIN-DE MERONA., J.M et LAURENCE, S.G. (1998). Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology* 79: 2032 – 2040.
- LEBRIN, J., et GILBERT, G., (1954). Une classification écologique des forêts du Congo. Bruxelles, Public. INEAC. Série scient., n°63, p89.
- Léon IYONGO, W 2008., Etudes des effets de lisière sur les populations des rongeurs dans la réserve forestière de Masako (Kisangani, R D Congo).
- LITUCHA, B.M.J. (2008). Effet de lisière sur le microclimat thermique d'un écosystème forestier de la cuvette centrale Congolaise. Mémoire de DEA en Gestion de la biodiversité, Université de Kisangani. RD Congo.
- LOVEJOY, et (1986). Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. Page 257-285 in M. E. Soulé, editor. *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.
- MAERTENS, C. 1964. La résistance mécanique des sols à la pénétration: Ses facteurs et son influence sur l'enracinement. *Ann. Agron.*, 15, 5; 539 – 554.
- MAMBANI, B., 1982. Effect of land clearing on soil properties of an oxisol in Zaïrean Basin. Contribution to the International symposium on land clearing and development protection in the humid and subhumid tropics, 23-26 Nov, 1982. IITA IBADAN NIGERIA, pp3-4.
- MARSCHNER, H. (1995). *Mineral nutrition in higher plants* academic Press, London.
- MATLACK, G. R. 1993. Microenvironmental variation within and among forest edge sites in the eastern United States. *Biol. Conserv.* 66, 185 – 194.
- Muller, J et De Bilderling, G., (1953) Les méthodes culturales indigènes sur les sols équatoriaux des plateaux. Bulletin d'information de l'INEAC. Vol. 11 n°1 20 -30

- MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests : Implication for conservation. *Trends Ecol. Evol.* 10, 58 – 62.
- NSHIMBA, H. S. 2009. Méthodologie de la recherche scientifique. Cours de DES en Aménagement durable des forêts. F S A/ Université de Kisangani.
- RANNRY, J. (1978). The importance of edge in the structure and dynamic of forest islands. Pp65-95 in Burgess R.H. and SHARPE M.D Forest island dynamics in man dominated Landscape. Springer – VERHAG, N.Y., USA.
- SANCHEZ,P.A. 2002. Soil fertility and hunger in Africa. *Science*, 295, 2019 – 2020.
- SAUNDERS, D.A., HOBBS R.J. & MARGULES C.R. (1991). Biological consequences of fragmentation a Review *Conservation Biology*, 5(1); 18-32.
- SYS, C., VAN WAMBEKE, A., FRANKART, R., GILSON, P., PECROIT, A., BERCE, J.M., et JAMAGNE,M. 1961. Les cartographies des sols au congo : ses principes et ses méthodes : Publ. INEAC, série scient. n°66, 141p.
- TROEH, F.R., et THOMPSON, L.M. 2005. 6<sup>th</sup> ed. Oxford. UK. Blackwell publishing.
- VANDEPUT, R. 1981. Les principales cultures en Afrique centrale. Tournai : édit. Lesaffre, 458p.
- VAN WAMBEKE, A. 1956. Notice explicative de la carte des sols et de la végétation du Congo belge et du Ruanda – Urundi. 6 placchette 2 : Yangambi, A et B. Bruxelles : Publ. INEAC., 31p.
- VAN WAMBEKE A, et LIBEN L.(1957). Notice explicative de la carte des sols et de la vegetation du Congo Belge et de Rwanida Urundi. INEAC
- WILLIAMS,M. (2000). Dark ages and dark areas : global deforestation in the deep past. *Journal of Historical Geography*, 26(1): 28-46.
- YORO G., (1983). Contribution à l'étude de caractérisation de la structure. Identification et évolution des paramètres structuraux de deux types du sol du Nord-ouest de la Côte d'Ivoire. Incidences agronomiques. Thèse doct. Ingénieur, faculté de science, Université Abidjan, 279p.

YORO G., et ASSA A., (1986). Modification structurale de deux sols ferralitiques du Nord-ouest de la Côte d'Ivoire sous l'effet du piétinement par l'homme. Cah. ORSTOM. St., pédologie, Vol. XXII, n° 1 1986 :31-41.

YOUNG, A., BOYLE, T ; BROWN, T. (1996). The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants, Trends inc. ecology & evolution, 11 (10): 413 – 418.

## ANNEXES

### Annexe 1: DONNEES BRUTES DE LA TENEUR EN P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>d ET LA DENSITE APPARENTE DU SOL

**Tableau 8: Teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>d dans les trois transects sous les différentes classes d'occupation du sol de la série Yangambi.**

Occup			TP	TS <sub>1</sub>	TS <sub>2</sub>	Tmoyen
sol	n°profil	Tranche sol	p <sub>2</sub> O <sub>5</sub> d (ppm)			
Jachère	P1	1	1,358	1,488	1,257	1,367
Jachère	P1	2	0,291	0,613	0,389	0,431
Jachère	P1	3	0,053	0,294	0,007	0,118
Jachère	P2	1	0,868	1,022	0,823	0,904
Jachère	P2	2	0,322	0,674	0,505	0,5
Jachère	P2	3	0,098	0,179	0,109	0,128
Jachère	P3	1	0,445	1,617	0,798	0,953
Jachère	P3	2	0,178	0,604	0,182	0,32
Jachère	P3	3	0,131	0,584	0,154	0,29
Lisière	P1	1	1,428	1,445	1,477	1,45
Lisière	P1	2	0,667	0,893	0,660	0,74
Lisière	P1	3	0,456	0,582	0,491	0,51
Lisière	P2	1	1,311	1,447	1,472	1,41
Lisière	P2	2	0,607	0,616	0,879	0,7
Lisière	P2	3	0,511	0,553	0,766	0,61

Lisière	P3	1	1,561	1,383	2,002	1,649
Lisière	P3	2	0,725	0,693	0,774	0,731
Lisière	P3	3	0,420	0,371	0,400	0,52
Forêt	P1	1	1,519	0,504	0,928	0,984
Forêt	P1	2	0,952	0,445	0,594	0,663
Forêt	P1	3	0,249	0,194	0,128	0,19
Forêt	P2	1	1,285	0,609	1,113	1,002
Forêt	P2	2	0,434	0,056	0,462	0,317
Forêt	P2	3	0,410	0,011	0,035	0,152
Forêt	P3	1	0,987	0,867	0,846	0,900
Forêt	P3	2	0,504	0,361	0,035	0,30
Forêt	P3	3	0,213	0,227	0,220	0,154

1=0-10cm, 2=10-20cm, 3=20-30cm ; TP=transect principal, TS=transect secondaire, P1=profil1, P2=profil2 et P3=profil3

**Tableau 9: Teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>d dans les trois transects sous les différentes classes d'occupation du sol de la série Yakonde**

			TP	TS <sub>1</sub>	TS <sub>2</sub>	Tmoyen
Occup sol	n°profil	Tranche sol	p <sub>2</sub> o <sub>5</sub> d (ppm)			
Jachère	P1	1	2,566	2,275	2,468	2,436
Jachère	P1	2	0,844	1,635	1,329	1,27
Jachère	P1	3	0,455	0,823	0,459	0,58
Jachère	P2	1	2,048	1,275	1,829	2,436

Jachère	P2	2	1,550	0,991	1,480	1,269
Jachère	P2	3	0,991	0,502	0,709	0,579
Jachère	P3	1	1,730	1,461	1,547	1,579
Jachère	P3	2	1,348	0,903	1,201	1,140
Jachère	P3	3	0,899	0,782	0,840	0,840
Lisière	P1	1	2,020	0,931	1,790	1,580
Lisière	P1	2	0,721	0,753	0,842	0,772
Lisière	P1	3	0,700	0,721	0,379	0,600
Lisière	P2	1	1,152	1,225	1,535	1,304
Lisière	P2	2	0,798	0,613	0,902	0,771
Lisière	P2	3	0,440	0,384	0,831	0,552
Lisière	P3	1	0,962	0,902	1,201	1,022
Lisière	P3	2	0,703	0,552	0,912	0,722
Lisière	P3	3	0,461	0,479	0,593	0,511
Forêt	P1	1	1,866	1,068	1,026	1,320
Forêt	P1	2	0,868	0,494	0,578	0,646
Forêt	P1	3	0,707	0,179	0,753	0,546
Forêt	P2	1	1,355	1,519	1,029	1,301
Forêt	P2	2	0,858	0,809	0,403	0,690
Forêt	P2	3	0,854	0,721	0,867	0,814
Forêt	P3	1	0,631	0,790	0,618	0,673

Forêt	P3	2	0,590	0,733	0,584	0,635
Forêt	P3	3	0,551	0,703	0,533	0,629

1=0-10cm, 2=10-20cm, 3=20-30cm ; TP=transect principal, TS=transect secondaire, P1=profil1, P2=profil2 et P3=profil3

**Tableau 10: Densité apparente du sol dans les trois transects sous les différentes classes d'occupation du sol de la série Yangambi**

			TP	TS1	TS2	Tmoyen
Occup sol	N°profil	tranche sol	Da (g/cm <sup>3</sup> )			
Jachère	P1	1	1,371	1,15	1,169	1,230
Jachère	P1	2	1,453	1,441	1,440	1,444
Jachère	P1	3	1,596	1,400	1,407	1,467
Jachère	P2	1	1,174	1,088	1,098	1,120
Jachère	P2	2	1,502	1,303	1,343	1,383
Jachère	P2	3	1,510	1,419	1,547	1,492
Jachère	P3	1	1,110	1,270	1,281	1,220
Jachère	P3	2	1,120	1,310	1,331	1,253
Jachère	P3	3	1,130	1,450	1,320	1,300
Lisière	P1	1	0,911	1,20	1,00	1,036
Lisière	P1	2	1,206	1,240	1,350	1,263
Lisière	P1	3	1,290	1,483	1,543	1,437
Lisière	P2	1	1,030	1,105	1,157	1,097

Lisière	P2	2	1,100	1,141	1,210	1,150
Lisière	P2	3	1,30	1,302	1,330	1,310
Lisière	P3	1	0,706	0,790	0,759	0,751
Lisière	P3	2	0,807	1,322	1,30	1,140
Lisière	P3	3	1,405	1,551	1,55	1,502
Forêt	P1	1	0,819	1,00	1,102	0,973
Forêt	P1	2	0,905	1,008	1,140	1,015
Forêt	P1	3	1,204	1,340	1,361	1,302
Forêt	P2	1	0,810	0,800	0,803	0,804
Forêt	P2	2	0,967	1,002	1,070	1,013
Forêt	P2	3	1,280	1,283	1,302	1,287
Forêt	P3	1	0,915	1,006	1,000	0,973
Forêt	P3	2	1,050	1,030	1,010	1,030
Forêt	P3	3	1,198	1,210	1,200	1,203

1=0-10cm, 2=10-20cm, 3=20-30cm ; TP=transect principal, TS=transect secondaire,  
P<sub>1</sub>=profil1, P<sub>2</sub>=profil2 et P<sub>3</sub>=profil3

**Tableau 11: Densité apparente du sol dans les trois transects sous les différentes classes d'occupation du sol de la série Yakonde**

			TP	TS <sub>1</sub>	TS <sub>2</sub>	Tmoyen
occup sol	n°profil	Tranche sol	Da (g/cm <sup>3</sup> )			
Jachère	P1	1	1,471	1,340	1,422	1,411
Jachère	P1	2	1,48	1,341	1,41	1,41
Jachère	P1	3	1,56	1,47	1,54	1,522
Jachère	P2	1	1,116	1,309	1,09	1,171
Jachère	P2	2	1,334	1,451	1,431	1,40
Jachère	P2	3	1,380	1,482	1,452	1,43
Jachère	P3	1	1,047	1,12	1,102	1,08
Jachère	P3	2	1,35	1,384	1,364	1,37
Jachère	P3	3	1,40	1,40	1,37	1,39
Lisière	P1	1	1,159	1,09	1,06	1,10
Lisière	P1	2	1,29	1,16	1,14	1,20
Lisière	P1	3	1,39	1,296	1,20	1,289
Lisière	P2	1	1,12	1,20	1,17	1,16
Lisière	P2	2	1,18	1,243	1,203	1,201
Lisière	P2	3	1,30	1,430	1,36	1,37
Lisière	P3	1	1,16	1,20	1,09	1,15

1=0-10cm, 2=10-20cm, 3=20-30cm ; TP=transect principal, TS=transect secondaire, P1=profil1, P2=profil2 et P3=profil3

Lisière	P3	2	1,21	1,280	1,140	1,21
Lisière	P3	3	1,284	1,33	1,179	1,260
Forêt	P1	1	1,150	1,09	1,177	1,14
Forêt	P1	2	1,20	1,28	1,295	1,26
Forêt	P1	3	1,30	1,387	1,48	1,389
Forêt	P2	1	1,04	1,15	1,10	1,079
Forêt	P2	2	1,27	1,35	1,288	1,30
Forêt	P2	3	1,50	1,55	1,43	1,490
Forêt	P3	1	0,90	1,00	0,91	0,94
Forêt	P3	2	1,20	1,27	1,28	1,23
Forêt	P3	3	1,30	1,30	1,55	1,30

**Annexe 2: RESULTATS D'ANALYSES STATISTIQUES**

**1 ANOVA P2O5d POUR LES TROIS CLASSES D'OCCUPATION  
DU SOL**

**Tableau 62: Effet de lisière sur le P2O5d du sol dans les deux sites**

<b>Paysage</b>	<b>Variable</b>	<b>Tranche du sol</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	<b>Groupe homogène</b>
<b>Série Yangambi</b>	<b>P2O5d</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>1,93</b>	<b>0,16</b>	<b>J – L – F</b>
		<b>10 – 20 cm</b>	<b>4,30</b>	<b>0,02*</b>	<b>J - F et L</b>
		<b>20 – 30 cm</b>	<b>2,00</b>	<b>0,15</b>	<b>J – L – F</b>
		<b>0 – 30 cm</b>	<b>3,63</b>	<b>0,04*</b>	<b>J – F et L</b>
<b>Série Yakonde</b>	<b>P2O5d</b>	<b>0 – 10 cm</b>	<b>3,95</b>	<b>0,03*</b>	<b>J – L et L – F</b>
		<b>10 – 20 cm</b>	<b>0,18</b>	<b>0,82</b>	<b>J – L – F</b>
		<b>20 – 30 cm</b>	<b>3,25</b>	<b>0,05</b>	<b>J – L – F</b>
		<b>0 – 30 cm</b>	<b>6,73</b>	<b>0,004**</b>	<b>J et L – F</b>

**J = jachère, L = lisière, F = forêt et - = connectivité entre les groupes**

## 2. ANOVA P2O5d POUR LES TROIS CLASSES D'OCCUPATION DU SOL

Tableau 7: Effet de lisière sur le P2O5d du sol dans les deux sites

Paysage	Variable	Tranche du sol	F	P	Groupe homogène
Série Yangambi	Da	0 – 10 cm	4,21	0,02*	J – L et L - F
		10 – 20 cm	3,24	0,05	J – L – F
		20 – 30 cm	0,38	0,68	J – L – F
		0 – 30 cm	22,94	0,001**	J, L et F
Série Yakonde	Da	0 – 10 cm	0,04	0,96	J – L – F
		10 – 20 cm	5,97	0,007**	J – L – F
		20 – 30 cm	6,32	0,006**	J – F et L – F
		0 – 30 cm	2,17	0,09	J - L – F

J = jachère, L = lisière, F = forêt et - = connectivité entre les groupes.

### Annexe 3: DIVERSITE FLORISTIQUE, ABONDANCE RELATIVE ET DOMINANCE RELATIVE DES PEUPELEMENTS

Tableau 8: Indice de diversité des différentes occupations du sol

Occupation du sol	Shannon	Pielou	Simpson (1-D)
Lisière Y1	1.88	0.019	0.6
Forêt Y1	3.71	0.868	0.969
Lisière Y2	3.23	0.865	0.94
Forêt Y2	3.64	0.909	0.965

**Tableau 9: Densité relative et dominance relative des cinq espèces les plus représentées dans la zone de lisière de la série Y1**

Espèces	Nbre indiv	DER%	ST (m2)	DOR%
<i>Bellucia axinantha</i>	127	62.6	4,64	36.6
<i>Macaranga lancifolia</i>	9	4.4	0,59	4.7
<i>Musanga cecropioides</i>	9	4.4	0.25	1.9
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	10	3	1.70	13.4
<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	6	1.5	0.79	6.2
Autres	49	24.1	4,72	37.2
Total	203	100	12.69	100

**Tableau 10: Densité relative et dominance relative des cinq familles les plus représentées dans la zone de lisière de la série Y1**

Famille	Nbre indiv	DER%	ST (m2)	DOR%
<i>Melastomantaceae</i>	127	62.6	4,64	36.5
<i>Meliaceae</i>	11	5.4	0,83	6.5
<i>Euphorbiaceae</i>	11	5.4	0,78	6.2
<i>Cecropiaceae</i>	10	4.9	0,26	2.1
<i>Lecythidaceae</i>	6	3	1,70	13.4
Autres	38	18.7	4,47	35.3
Total	203	100	12,68	100

**Tableau 11: Densité relative et dominance relative des cinq espèces les plus représentées sous forêt dense dans la série Y1**

Espèces	Nbre indiv	DER%	ST (m2)	DOR%
<i>Staudtia stupitata</i>	27	8.52	2,43	5.96
<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	21	6.62	3,69	9.07
<i>Olax gambecola</i>	18	5.68	2,61	6.41
<i>Guarea thompsoni</i>	17	5.36	2,51	6.14
<i>Cynometra hankei</i>	12	3.79	3,90	9.58
Autres	222	70.03	25,59	62.83
Total	317	100	40,72	100

**Tableau 12: Densité relative et dominance relative des cinq familles les plus représentées dans la forêt de la série Y1**

Famille	Nbre indiv	DER%	ST (m2)	DOR%
Fabaceae	58	18.30	10,53	25.87
Meliaceae	38	11.99	4,00	9.82
Myristicaceae	38	11.99	3,53	8.68
Annonaceae	27	8.52	3,84	9.43
Sapotaceae	23	7.24	4,62	11.33
Autres	133	41.96	14,20	34.87
Total	317	100	40,72	100

Tableau 13: Densité relative et dominance relative des cinq espèces les plus représentées dans la zone de lisière de la série Y1

Espèces	Nbre indiv	DER%	ST (m2)	DOR%
<i>Macaranga lancifolia</i>	22	16.3	0,83	2.9
<i>Trichilia rubensis</i>	14	10.4	1,37	4.8
<i>Tabernaemotana crassa</i>	10	7.4	0,75	2.7
<i>Trilepisium madagascariensis</i>	9	6.7	1,37	4.8
<i>Petersianthus macrocarpus</i>	6	4.4	0,99	3.5
Autres	74	54.8	23,07	81.2
Total	135	100	28,38	100

Tableau 20: Densité relative et dominance relative des cinq familles les plus représentées dans la zone de lisière de la série Y1

Famille	Nbre indiv	DER%	ST (m2)	DOR%
Euphobiaceae	31	23,0	1,87	6.60
Meliaceae	29	21,5	3,11	10.94
Apocynaceae	12	8.9	0,83	2.94
Moraceae	10	7.4	1,40	4.93
Myristicaceae	8	5.9	0,77	2.70
Autres	45	33.3	20,40	71.90
Total	135	100	28,38	100

**Tableau 21: Densité relative et dominance relative des cinq espèces les plus représentées sous forêt**

Espèce	Nbre indiv	DER%	ST (m2)	DOR%
Anonidium mannii	14	8.09	0,94	3.333
Hymenocardia ulmoides	12	6.94	0,32	1.125
Macaranga lancifolia	10	5.78	0,41	1.476
Oncoba welwitschii	9	5.20	0,15	0.540
Albizia adianthifolia	8	4.63	0,54	1.950
Autres	120	69.36	25,69	91.574
Total	173	100	28,05	100

**Tableau 22: Densité relative et dominance relative des cinq familles les plus représentées sous forêt dans la série Y2**

Famille	Nbre indiv	DER%	ST (m2)	DOR%
Euphorbiaceae	38	21.96	1,29	4.62
Annonaceae	22	12.72	1,13	4.01
Fabaceae	18	10.40	1,85	6.59
Meliaceae	15	8.67	0,46	1.65
Flacourtiaceae	15	8.67	0,25	0.91
Autres	65	37.57	23,07	82.22
Total	173	100	28,05	100

**Annexe 4: ANALYSES DE LABORATOIRE**

**I. DOSAGE DE PHOSPHORE DISPONIBLE DU SOL : METHODE BRAY II**

**1. MATERIELS**

- Centrifugeuse
- Tubes à centrifuger,
- Agitateur
- Spectrophotomètre,
- Tubes à essai de 20ml,

**2. REACTIFS**

**a. Réactifs d'extraction ( $\text{NH}_4\text{F} 0.03\text{N}$  dans  $\text{Hcl} 0.025\text{N}$ ) :**

$\text{NH}_4\text{F} 1\text{N}$  : Dissoudre 37g de  $\text{NH}_4\text{F}$  dans 400ml d'eau distillée et diluer la solution à 1 litre.

$\text{Hcl} 0.5\text{N}$  : Diluer 20.4ml de  $\text{Hcl}$  concentré dans 500ml d'eau distillée.

☞ Solution d'extraction : Mélanger 30ml de  $\text{NH}_4\text{F} 1\text{N}$  avec 500ml de  $\text{Hcl} 0.5\text{N}$  et porter au volume à 1 litre avec de l'eau distillée. C'est une solution  $\text{NH}_4\text{F} 0.03\text{N}$  et  $\text{Hcl} 0.025\text{N}$ . Elle est stable dans le verre pendant une année.

**b. Chlorure stanneux :  $\text{SnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$**

Dissoudre 10g de  $\text{SnCl}_2$  dans 25ml de  $\text{Hcl}$  concentré ; la conserver dans un flacon en polyéthylène noir et dans un réfrigérateur.

NB : Préparer une solution toutes les six semaines.

**c. Molybdate d'ammonium ( $(\text{NH}_4)_6\text{M}_7\text{O}_{24} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )**

Dissoudre 15g de Molybdate d'ammonium dans 350ml de  $\text{Hcl} 10\text{N}$  dans un ballon d'1 litre

Refroidir à la température ambiante et porter le volume à 1 litre avec de eau distillée.

**d. Chlorure stanneux :**

Diluer 1ml de la solution (b) à 333ml d'eau distillée ;

Préparer une solution fraîche toutes les deux heures si nécessaire.

### 3. MODE OPERATOIRE

- Peser 1g de sol sec (tamis de 2mm) et mettre dans un tube à centrifuger de 20ml ;
- Ajouter 4ml de la solution d'extraction ;
- Secouer pendant 1minute dans un agitateur va et vient (180 oscillation/minute) ;
- Centrifuger la suspension à 2000tours/minute pendant 15minutes ;
- Pipeter 2ml de surnageant et le déposer dans un tube à essai de 20ml ;
- Ajouter 5ml d'eau distiller, 2ml de la solution molybdique et 1ml de  $\text{SnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  et mélanger à nouveau ;
- Colorimétrer 5à10minutes après développement de la couleur bleue (à 650nm) ; ne pas dépasser 20minutes ;
- Préparer une solution standard de phosphore (1000ppm) : Peser 4.3874g de monobasie potassium de phosphore ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), sécher à 100°C dans un ballon de 1litre, ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

### 4. CALCUL

$\text{Ppm P}_2\text{O}_5\text{d} = \text{LSC} \times 3.5$  Avec LSC= lecture sur la courbe

## II. MESURE DE LA DENSITE APPARENTE DU SOL : METHODE AU CYLINDRE

### 1. MATERIEL

Balance de précision ; Etuve ; Cylindre de copecky ; Règle graduée ; et Couteau du prospecteur.

### II. MODE OPERATOIRE

- Mesurer le diamètre et la hauteur du cylindre de copecky à l'aide d'une règle graduée ;
- Peser le cylindre de copecky (vide) pour obtenir le poids  $P_1$
- Enfoncer le cylindre de copecky dans le sol et retirer une carotte de terre ;
- Peser le cylindre avec l'échantillon de sol humide et mettre à l'étuve à 105°C ;

- 24 heures après séchage, retirer le cylindre avec l'échantillon sec et peser pour avoir le poids du sol sec, l'opération est ainsi poursuivie jusqu'à l'obtention du poids constant ( $P_2$ );
- Le poids de l'échantillon du sol sec est obtenu par la relation :  $P_s = P_2 - P_1$  (a)
- Calculer le volume du cylindre de copecky selon l'expression :  $V = \pi/4 \times D^2 \times h$  (b);

### III.CALCUL DE LA DENSITE APPARENTE DU SOL

La densité apparente du sol est déterminée par les expressions (a) et (b) comme suit :

$$Da = (a)/(b) \text{ ou } Da = P_s/V$$