

**UNIVERSITE DE KISANGANI**  
Faculté des Sciences

Département d'écologie et Gestion  
des Ressources Animales et Végétales



**ETUDE DE L'EFFET DE LISIERES SUR L'HUMIDITE  
EQUIVALENTE ET LA TEMPERATURE DU SOL D'UN  
ECOSYSTEME FORESTIER DE LA CUVETTE CENTRALE  
CONGOLAISE.**

(Cas de la réserve forestière « jardin systématique » de l'INERA à  
Yangambi).



Par  
**Ir. Sylvain ALONGO LONGOMBA**

**Mémoire**

Présenté en vue de l'obtention  
du Diplôme d'Etudes Approfondies(DEA)  
en Gestion de la Biodiversité

Promoteurs: Pr. Jan BOGAERT (ULB)  
Pr. Ferdinand KOMBELE (IFA/YBI)

**Année académique 2006-2007**

## *Dédicace*

*A mon regretté Père Nestor LONGOMBA LIKOFÉ ;*

*A ma Chère Mère Madeleine BAMWENELA BALIOTHO ;*

*A mes Frères et Sœurs ;*

*A ma Chère épouse Véronique ATOKO ;*

*A mes Enfants LONGOMBA Dieu merci et LONGOMBA Nestor ;*

*A mes Oncles et Tantes, à mes cousins, cousines, neveux et nièces ;*

*A tous les Miens ;*

*Je dédie ce travail.*

## Remerciements

Au terme de ce mémoire qu'il nous soit permis d'exprimer nos remerciements au Professeur Docteur Ingénieur Jan **BOGAERT** pour avoir assumé avec sollicitude la direction de ce mémoire. Que le Professeur Docteur Ingénieur Ferdinand **KOMBELE BISHOSHA**, co-directeur de ce travail trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

Des remerciements appuyés au Professeur Docteur Ingénieur Jean **LEJOLY**, ses conseils, remarques, et rigueur scientifique, nous ont été d'un grand secours à la rédaction de ce mémoire.

Mention spéciale au Professeur Docteur Léopold **NDJELE MIANDA** pour avoir initié ce troisième cycle en vue de renforcer l'effectif de corps enseignant pour un avenir meilleur de nos universités.

Nous adressons nos remerciements chaleureux aux gouvernements Congolais et Belge pour nous avoir élevé à l'échelle Internationale

Nous avons une pensée émue pour tous ceux, d'une manière ou d'une autre ont contribué à la réalisation de ce travail.

Mais par-dessus tout, j'adresse mes remerciements et ma louange à Dieu le créateur au sujet du quel ce mémoire a été rédigé, il m'a dirigé et revêtu de force afin que je puisse mener à bien la rédaction de ce mémoire.

## RESUME

En république Démocratique du Congo, la pression démographique est devenue telle que les paysans sont partout à la recherche des nouvelles terres pour l'exploitation agricole et celles-ci sont prélevées sur des formations naturelles comme forêt et prairie. Suite au manque des moyens, ils pratiquent donc une agriculture itinérante sur brûlis avec comme conséquence dégradation des propriétés sol, due à la coexistence de plusieurs séries végétales d'occupation du sol. Cette étude se propose de mesurer les réponses de l'humidité équivalente et de la température du sol à la zone d'influence de lisière. Elle va aussi caractérisée la relation entre ces variables et l'influence de longueur de lisière. L'étude est fondée sur le fait que la fragmentation des habitats par l'agriculture et autres activités humaines accroissent l'importance des écotones. La méthode de Transect a été utilisée pour estimer l'impact potentiel de lisière de la jachère de 3-4 ans d'âge et celle de la forêt primaire à l'échelle de jardin Systématique de l'INERA. Vingt fosses pédologiques de 50 cm x 50cm x 50cm ont été creusées dans les deux transects parallèles et équidistants de 200m, pour la mesure de deux paramètres physique du sol. La température du sol était déterminée in situ à l'aide de géothermomètre de 30cm de profondeur. L'humidité du sol par contre, était mesurée par gravimétrie dans les tranches de 0-20cm et 20-40cm de profondeur à l'aide de cylindres copecky. La mesure de l'intensité de liaison entre ces variables et la longueur de lisières a révélé une corrélation négative expliquant que la relation est inversement proportionnelle.

D'une façon globale, la distance de lisière augmente l'humidité équivalente et la température du sol dans la jachère. Tandis que l'humidité et la température du sol diminuent avec la distance de lisière forêt. En fin, la vitesse de changement des variables étudiées est plus rapide dans la lisière jachère que dans la lisière forêt, expliquant que le milieu ouvert (jachère) est plus fragmenté que le milieu fermé (forêt).

**Mots clés :** Lisière, Intérieur, Fragmentation, Humidité équivalente du sol, Température du sol, Jardin Systématique.

## **ABSTRACT.**

In the Democratic Republic of Congo the demographic pressure makes peasants search for new grounds for exploitation. Those grounds are extracted from natural formations such as forest and meadow. Because of the lack of possibility, people practice burning itinerant agriculture as consequence, soil degradation due to coexistence of vegetables occupations of soil. This study aims at testing equivalent soil humidity and temperature from edge influence zone. It is also based on relationship between variable edge length influences. The study is also based on the fact that inhabitants' fragmentation because of agriculture and other human activities increase the importance of ecotons. The transect approach has been used to estimate potential impact of edge field aged 3-4 years and that of primary forest like the systematic garden of INERA. Twenty pedologic tanks of 50cm x 50cm x 50cm were made in the two parallel equidistant of 200 m, for the measurement of two physical parameters of soil.

The soil temperature was determined by gravimetry in the rashes of 0-20cm and 20-40cm of depth thanks to copecky cylinders in the other hand. The measurement of intensity of liaison between those variables and the length of edges pointed out negative correlation explaining that the relationship was reversely proportional. Globally, the distance of edge increases humidity and temperature in the field. Humidity and temperature of soil decreases with the distance of forest edge. Finally, the speed change of the studies variables is faster in the field edge than in the forest edge, explaining that the open area is more fragmented than the closed area (forest).

**Key words:** Edge, Interior, Fragmentation, Equivalent soil humidity, Temperature of soil, Garden of INERA.

## **LISTE DES TABLEAUX.**

Tableau 1. Humidités équivalentes du sol de deux transects dans la tranche de 20-40 cm..... 39

Tableau 2. Températures du sol de deux transects dans la tranche de 0-30cm de profondeur. 42

## LISTE DES FIGURES.

Figure 1. Démarche scientifique en écologie du paysage.....	11
Figure 2. Eléments de base d'une structure paysagère formant les paysages à savoir les taches, les corridors et la matrice (D'après Burel et Baudry, 2003).....	12
Figure 3. Yangambi et ses environs sur une image satellite (source : Google 2007).....	21
Figure 4. Coupe de Yaosuka (falaises de Yangambi en amont de la rivière Isalowe entre 28-48 m s/fleuve). Sources : De Heinzelin, 1952 ; Kombele, 2004.....	22
Figure 5. Profil topographique sud-nord de Yangambi-centre (distances sud-nord en km et hauteur en mètre). Source: Kombele, 2004.....	24
Figure 6. Profil topographique ouest-est de Yangambi (distance ouest-est en km et hauteur en m). Source: De Heinzelin, 1952 ; Kombele, 2004.....	24
Figure 7. Diagramme ombrothermique de la région de Yangambi de 2000 à 2005.....	26
Figure 8. Sous-bois et troncs de <i>Scordophloeus zenkeri</i> Harms d'une forêt semi-caducifoliée de la région de Yangambi (source : Alongo, 2007).....	27
Figure 9. Un recrû forestier (avant plan) du Plateau Isalowe à Yangambi (Source : Alongo, 2007).....	28
Figure 10. Cime d'une parasoleraie du Plateau Isalowe à Yangambi (Source : Alongo, 2007).....	28
Figure 11. Type de forêt secondaire avec un champ paysan du Plateau Isalowe à Yangambi (Source: Alongo, 2007).....	29
Figure 12. Type de friche herbeuse dominée par <i>Setaria sp</i> au Plateau Isalowe à Yangambi (Source : Alongo, 2007).....	29
Figure 13. Type de jardin de case portant une culture de riz au Plateau Isalowe à Yangambi (Source : Alongo, 2007).....	30
Figure 14. Une vue du sous-bois (avec les pieds de <i>Pericopsis elata</i> ) du Jardin Systématique de l'INERA/Yangambi au Plateau Isalowe (Source: Alongo, 2007).....	32
Figure 15. Une vue de transect sous jachère et forêt primaire du site d'étude au Plateau Isalowe à Yangambi (Source : Alongo, 2007).....	34
Figure 16. Vue d'une fosse pédologique sous jachère de la zone d'étude au Plateau Isalowe à Yangambi (Source : Alongo, 2007).....	35

Figure 17. Détermination de la température du sol in situ sous la forêt à l'aide d'un géothermomètre en position verticale dans la fosse pédologique (Source : Alongo, 2007).....	36
Figure 18. Mesure de l'humidité équivalente par gravimétrie à l'étuve au laboratoire de l'IFA/Yangambi à Kisangani (Source : Alongo, 2007).....	37
Figure 19. Variation de l'humidité équivalente du sol de deux transects dans la tranche de 20-40cm de profondeur.....	40
Figure 20. Variations de la température du sol de deux transects dans la tranche de 0-30cm de profondeur (TEMP = température).....	42
Figure 21. Droite de régression logarithmique entre l'humidité équivalente du sol et la distance de lisière.....	44
Figure 22. Droite de régression exponentielle entre l'humidité équivalente du sol et la distance de lisière.....	44
Figure 23. Droite de régression logarithmique entre la température du sol et la distance de lisière. ....	45
Figure 24. Droite de régression exponentielle entre la température du sol et la distance de lisière. ....	45



## SOMMAIRE.

0. CONTEXTE DU TRAVAIL ET PROBLEMATIQUE GENERALE.....	5
0.1. OBJECTIFS DU TRAVAIL.....	7
0.2. OBJECTIFS SPECIFIQUES.....	7
0.3. HYPOTHESE DU TRAVAIL.....	7
0.4. JUSTIFICATION DE L'ETUDE.....	8
PREMIERE PARTIE: INTRODUCTION GENERALE.....	9
1.1. APERCU SUR L'ECOLOGIE DU PAYSAGE.....	9
1.1.1. Historique de l'écologie du paysage.....	9
1.1.2. Paysage en tant qu'éco-complexe.....	10
1.1.3. Eléments du paysage.....	11
1.1.4. Mesures de frontières du paysage.....	13
1.1.5. Caractérisation de la lisière et de l'intérieur de la tache.....	13
1.2. LE CLIMAT DU SOL DES PAYSAGES TROPICAUX.....	15
1.2.1. Température du sol.....	16
1.2.1.1. Effet de la radiation sur la température du sol.....	16
1.2.1.2. Effet de la température de l'air sur la température du sol.....	17
1.2.1.3. Effet de brûlis sur la température du sol.....	18
1.2.2. Humidité équivalente du sol.....	19
1.2.2.1. Le mouvement de l'eau dans le sol et sa disponibilité pour les végétaux.....	19
1.3. PRESENTATION DU CADRE DE L'ETUDE.....	20
1.3.1. Localisation.....	20
1.3.2. Géologie et géomorphologie.....	21
1.3.2.1. Aspects géologiques.....	21
1.3.2.2. Aspects géomorphologiques.....	23
1.3.3. Climat de la région.....	25
1.3.4. Végétation.....	26
1.3.4.1. Végétations non modifiées.....	26
1.3.4.2. Végétations modifiées.....	27
1.3.6. Sols.....	30
1.3.6. Le jardin systématique de l'INERA/Yangambi au plateau Isalowe.....	31
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES.....	33
2.1. MATERIEL DE TRAVAIL.....	33
2.2. METHODES DE TRAVAIL.....	33
2.2.1. Layonnage (matérialisation des transects).....	33
2.2.2. Relevés des caractéristiques principales dans chaque transects.....	34
2.2.3. Prélèvement des échantillons et détermination des températures du sol.....	34
2.2.4. Détermination de l'humidité équivalente du sol.....	36
2.2.5. Analyses statistiques.....	37
TROISIEME PARTIE: RESULTATS ET DISCUSSION.....	39
3.1. RESULTATS.....	39
3.1.1 Humidité équivalente du sol.....	39
3.1.2 Température du sol.....	41
3.1.3. Relation entre le paramètre pédologique et la distance de lisière.....	43
3.2.1. Méthodologie du travail.....	45
3.2.2. Interprétation des résultats.....	47

CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	49
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	52
ANNEXES .....	57

## **0. CONTEXTE DU TRAVAIL ET PROBLEMATIQUE GENERALE.**

A l'aube du troisième millénaire, l'agriculture doit faire face à deux grands défis important : répondre à une demande alimentaire globale en rapide accroissement et préserver les ressources naturelles (Micha, 2007).

Dans les pays en voie de développement, en régions tropicales, la superficie de la forêt ferme est passée de 1 368 Mha (million d'hectare) en 1980 à 1 280 Mha en 1990 soit une diminution de 88 Mha en 10 ans, ce qui correspond à une perte de près de 6% de la surface initiale (FAO, 1995). C'est donc dans ces régions que la pression sur l'environnement s'accroît à un rythme sans précédent.

Parmi les questions qui se posent se trouve celle du changement du type d'utilisation du sol, en particulier le changement d'utilisation de sols consacrés à la forêt ferme. Le changement d'utilisation de sols est considéré de nos jours comme un des changements globaux majeurs de nature anthropique que subit notre planète.

Le gestionnaire est confronté à des changements de nature chimique (changement de chimie de l'atmosphère par exemple), physique (changement de climat), biologique (évolution des écosystèmes), économiques (changement de la qualité de la vie), sociale (changement des attitudes), technique (nouveaux matériaux), ou évolution de la manière d'utiliser les sols (changement du type d'utilisation des sols).

En RD Congo, la pression démographique est devenue telle que les populations rurales sont partout à la de terres nouvelles pour l'exploitation agricole et que celles-ci sont toujours prélevées sur des formations naturelles comme forêt et prairie.

En effet, les moyens dont disposent les paysans ne leurs permettent pas d'appliquer les méthodes des cultures intensives et ils se contentent de pratiquer une agriculture itinérante sur brûlis avec comme conséquences modification des certains paramètres pédologiques des écosystèmes forestiers, modifications dues à la coexistence de plusieurs séries d'occupation du sol, affectant ainsi l'environnement entier.

Traditionnellement, le potentiel productif de sols est régénéré par des longues jachères forestières. A l'heure actuelle, cette pratique est mise à mal par le raccourcissement de la période de repos imposé par la rapide croissance démographique et les graves conséquences de la déforestation consécutive au système de transhumance. Ce système, ne détruit pas seulement des vastes étendues de forêt naturelles, mais, il est aussi producteur de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>), perturbateur des cycles biogéochimiques et hydrologiques (Mambani, 2002).

Si les changements climatiques globaux dus au déboisement n'apparaissent que progressivement, le raccourcissement de la durée de jachère accélère la détérioration des sols déjà si peu fertiles, avec comme conséquence la réduction sensible et continue des récoltes, entraînant ainsi le dénuement économique des populations paysannes.

L'intensité de modification de paramètres pédologiques n'est pas connue pour la plupart des écosystèmes protégés ou non protégés faute d'évaluations par manque des recherches appropriées. C'est le cas de la réserve forestière : Jardin Systématique de l'INERA (Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques) à Yangambi. La réserve forestière du Jardin Systématique de l'INERA a connu des profondes modifications de sa superficie ces dernières années suite aux activités humaines nettes, créant ainsi une mosaïque paysagère dans sa périphérie.

Le fondement théorique de l'étude s'explique en ce sens que la fragmentation des habitats par l'agriculture et d'autres activités humaines perturbent les continuités écologiques et accroissent l'importance des écotones nets. En résumé, la fragmentation d'habitat déplace les communautés d'une structure ouverte vers une structure fermée (Mérriam et Wegner, 1992). La lisière, un élément important de paysage a été décrit comme une ligne limite (Cléments, 1907 ; Thomas et al, 1979) ou une étroite zone de transition entre communauté (Léopold, 1933 ; Wales, 1972 ; Lovejoy et al, 1986).

Pendant des années, les biologistes de la vie sauvage ont développé les lisières de forêt comme bénéfique à la vie sauvage et autres pièces de diversité biologique (Thomas et al, 1986). Les exploitants étaient conseillés vivement de créer aussi beaucoup de lisières possibles par ce que la vie sauvage est un produit où deux habitats se rencontrent. Toute fois, avec l'inquiétude croissante à propos de la conservation biologique des espèces et sur beaucoup de processus associés que demande l'environnement intérieur de forêt, les

exploitants de ressources doivent maintenant estimer ou évaluer la balance entre la lisière et l'environnement intérieur (Yahen, 1988 ; Hunter, 1990). Cependant, les effets associés de lisière et de l'environnement intérieur de la forêt sur les propriétés pédologiques des terres arables ont reçu peu d'attention et ont fait l'objet de peu d'études en RD Congo.

Cette étude se propose de mesurer les réponses de l'humidité équivalente et de la température du sol à la zone d'influence des lisières par la régression non linéaire. Les résultats attendus pourront servir aux exploitants des forêts un point de départ pour estimer l'impact potentiel des lisières sur ces deux paramètres physiques du sol.

### **0.1. OBJECTIFS DU TRAVAIL.**

Considérant que parmi les objectifs de la science se trouve celui de décrire et comprendre le changement, la présente étude poursuit donc deux objectifs globaux :

- le premier se propose de disponibiliser les données de base relatives à l'influence de lisières sur deux paramètres physiques du sol : humidité équivalente et la température ;
- le second cherche à parvenir à une meilleure connaissance sur le fonctionnement d'un écosystème et sa réponse aux perturbations sur le plan pédologique à l'échelle de jardin systématique de l'INERA.

### **0.2. OBJECTIFS SPECIFIQUES**

D'une façon spécifique on va :

- mesurer par gravimétrie la réponse de l'humidité équivalente du sol face aux effets de lisière ;
- déterminer la réponse de la température du sol in situ à l'aide de géothermomètre.

### **0.3. HYPOTHESE DU TRAVAIL.**

- Il existerait des variations rapides de l'humidité équivalente et de la température du sol sous jachère et forêt primaire ;

-L'humidité équivalente et la température du sol sous jachère et forêt primaire seraient supérieures à celle des lisières.

#### **0.4. JUSTIFICATION DE L'ETUDE.**

Ces dernières décennies en RD Congo, les causes profondes de la déforestation ont été aggravées suite à un cadre juridique et institutionnel inadéquat. Elles sont exacerbées par un contexte politique défavorable dû une à instabilité politique et aux conséquences des conflits destructeurs de l'environnement.

Selon la FAO (2001), le pays a enregistré une perte de 3 .701.000 ha des forêts entre 1995 et 1999. Une perte qui le place à la 7<sup>ème</sup> position au niveau mondial sur la liste des pays ayant un fort pourcentage de déforestation après la Fédération de Russie, le Brésil, le Canada, les Etats-Unis d'Amérique, la Chine et l'Indonésie. Cette situation nécessite :

- la relance des recherches appropriées sur l'impact de la déforestation sur les paramètres pédoclimatiques ;
- la connaissance de l'influence de changement du type d'utilisation du sol sur les propriétés physico-chimiques des terres arables ;
- la connaissance de l'influence des interactions des séries végétales d'occupation du sol sur l'environnement.

Le présent travail pourrait aboutir en la mise en lumière de l'effet de lisières sur la température et l'humidité équivalente du sol, à l'échelle de jardin systématique de l'INERA.

Outre le contexte du travail et la conclusion générale, ce travail a trois grandes parties :

- la première concerne les notions se référant à l'écologie du paysage et à la présentation du milieu d'étude ;
- la deuxième présente les matériels et la méthodologie utilisée ;
- la troisième concerne les résultats et la discussion.

## **PREMIERE PARTIE: INTRODUCTION GENERALE.**

### **1.1. APERCU SUR L'ÉCOLOGIE DU PAYSAGE.**

#### **1.1.1. Historique de l'écologie du paysage.**

Les définitions de l'écologie du paysage ne manquent pas. Les unes soulignent la nécessité de privilégier les modèles et les théories à propos des relations spatiales ; d'autres nécessité de construire une science pour pouvoir agir sur l'environnement ; d'autres encore la nécessité de s'insérer dans une démarche pluri ou interdisciplinaire (Decamps, 2004).

Dans leur ensemble, ces définitions singularisent l'écologie du paysage par trois aspects. Le premier aspect est l'importance accordée à la configuration de l'espace sur le déroulement des processus écologiques. Le deuxième aspect est la considération d'espace plus étendue que ceux habituellement pris en compte en l'écologie. Un troisième aspect est la prise en compte de l'impact des activités humaines sur le paysage (Decamps, 2004). L'écologie du paysage en tant que science décrit et cherche à expliquer (Baudry, 1988 ; GECOPA, 2004) :

- la structure des paysages (leur composition et configuration) ;
- le fonctionnement des paysages (les mécanismes et processus écologiques qui s'y déroulent) ;
- les qualités écologiques, économiques, et sociales des paysages ;
- les fonctions diverses du paysage au profit de la société ; et
- la dynamique spatio-temporelle des paysages.

L'écologie du paysage fait donc appel à plusieurs disciplines telles que l'architecture du paysage, les sciences naturelles, la géographie, et les sciences sociales (IALE Suisse, 2002).

Les projets en matière d'écologie du paysage couvrent une large gamme de sujets qui va de l'analyse des risques écologiques à l'étude de la biodiversité en passant par le développement de stratégies de gestion et d'aménagements du paysage (IALE Suisse, 2002). L'écologie du paysage, souvent définie comme la réunion de la géographie et de l'écologie, repose sur le principe suivant : les problèmes environnementaux respectent rarement les limites conventionnelles attribuées à tel sujet et leurs solutions nécessitent à la fois une compréhension des aspects physiques et écologiques des écosystèmes, mais aussi une

compréhension de la façon dont ces aspects interagissent avec les facteurs socio-économiques (CIRAD, 2001). Par conséquent, les méthodes scientifiques de l'écologie du paysage sont, entre autres, la télédétection, les systèmes d'information géographique (S.I.G), les techniques d'échantillonnage, les méthodes statistiques et la modélisation (GECOPA, 2004).

Comme discipline scientifique cependant, l'écologie du paysage s'est répandue dans les années 80 et les années 90 (Forman, 1995). L'écologie du paysage a subi des développements rapides et passionnants aussi bien théoriques que pratiques et d'une discipline régionale mise en pratique principalement en Europe de l'Est et Centrale, elle s'est muée en une science véritable dotée de théories solidement charpentée et illustrées par de nombreuses applications pratiques.

Le développement de l'écologie du paysage a été stimulé par le volume croissant de problèmes paysagers complexes se posant aux sociétés humaines à l'échelle globale (Brandt, 2000). La pression anthropique sur les paysages naturels, associé à l'évolution démographique mondiale, va encore augmenter durant les décades à venir, ce qui nécessitera le développement de techniques et modèles adéquats à évaluer les interactions entre la société et ses ressources naturelles (Bogaert et al, 2005). Aujourd'hui, l'écologie du paysage rassemble une gamme étendue de vues, de théories et de méthodologies (Bastian, 2001), et c'est cela qui fait sa force (Wiens, 1999).

### **1.1.2. Paysage en tant qu'écocomplexe.**

La notion de paysage s'est considérablement développée ces dernières années. Elle devenue centrale pour la gestion de l'espace, en particulier pour la gestion durable du patrimoine naturel et culturel. Une définition du concept « paysage » est donc nécessaire. Des différentes approches qui ont été faites de l'écologie du paysage, on peut en dégager trois principales (Iorgulescu & Schlaepfer, 2002) :

-Une première approche selon laquelle le paysage est déterminé par les facteurs environnementaux (climat, la topographie, etc.), ou par les facteurs dépendant de l'interaction de ces facteurs environnementaux (végétation, hydrologie, etc.) ; à ces facteurs on peut également ajouter l'impact anthropique ;



-Une approche basée sur la perception de l'environnement par un organisme vivant quelconque, notamment la perception de l'hétérogénéité de l'environnement du point de vue de ses fonctions vitales

-Une approche centrée sur la perception de l'environnement par l'homme ; d'un point de vue anthropocentrique, le paysage est formé par les unités fonctionnelles qui ont un sens pour la vie de l'homme.

Ces approches ne s'excluent pas réciproquement, mais sont plutôt complémentaires (Iorgulescu & Schlaepfer, 2002). Plusieurs autres définitions pertinentes ont été présentées par des scientifiques, souvent différentes suivant leur formation. Selon Forman & Godron (1986), le concept du paysage correspond à « une surface du terrain hétérogène composé d'un assemblage d'écosystème en interaction, assemblage répété d'une manière similaire à travers le territoire ». Cette définition peut se résumer comme suit: « un ensemble cohérent d'écosystèmes en interaction » (Iorgulescu & Schlaepfer, 2002), ou encore plus brièvement, « un ensemble d'écocomplexe ». Cette dernière définition revient à considérer le paysage comme un niveau d'organisation spatiale (Berdoulay & Phipps, 1985).

Le paysage est donc la résultante d'une dynamique entre le milieu physique et l'activité des sociétés humaines qui s'y sont développées. La structure (spatiale), l'organisation, la dynamique du paysage sont en interaction constante avec les processus écologiques (figure 1).

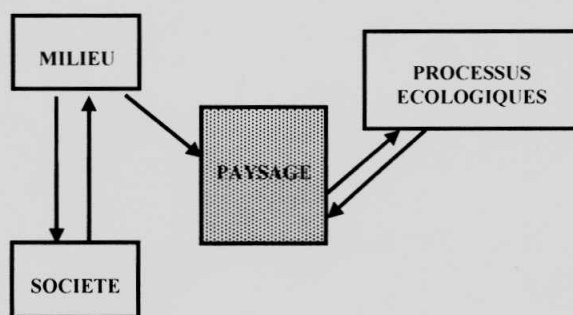


Figure 1. Démarche scientifique en écologie du paysage.

### 1.1.3. Eléments du paysage.

Les paysages sont considérés comme des mosaïques d'unités fonctionnelles ou « tache » (Forman & Godron, 1986 ; Burel & Baudry, 2000 ; Iorgulescu & Schlaepfer, 2002) Dans le

premier ouvrage de langue française spécifiquement consacré à l'écologie du paysage Baudry et Burel proposent le terme de « tache ». Du point écologique, les unités fonctionnelles (taches) représentent des discrètes zones de conditions environnementales homogènes. Les frontières des unités se distinguent par des discontinuités dans les variables d'état d'une magnitude qui est significative pour le processus écologique considéré.

En écologie du paysage plusieurs termes sont utilisés pour se référer aux unités de base qui forme le paysage : écotope, biotope, composante du paysage, élément du paysage, unités de paysage, géotope, faciès, habitat, site. Définit d'une manière cohérente et constante avec les objectifs fixés ; chacun de ces termes peut être utilisé pour l'analyse de processus biotique et abiotiques à l'échelle du paysage (Schlaepfer, 2002).

L'ensemble des unités fonctionnelles ayant des caractéristiques similaires pour le processus considéré forme un type ou « une classe ». Parmi les types, la « matrice » est le type le plus répandu et le moins fragmenté (Iorgulescu & Schlaepfer, 2002). Ce type peut également être considéré comme l'arrière plan du paysage, dans lequel se situent les autres éléments. Les « corridor » sont des unités ayant une forme linéaire caractéristique et remplissent des fonctions écologiques de conduit (passage), de filtre ou de barrière. Ils sont souvent présents dans un paysage en forme d'un réseau. La subdivision du paysage en taches, corridors et matrice est connu comme le modèle « patch-corridor-matrix » (Forman & Godron, 1981 ; Forman & Godron, 1986 ; Forman, 1997). Ce modèle sert souvent de base de référence pour les mesures de configuration spatiale.

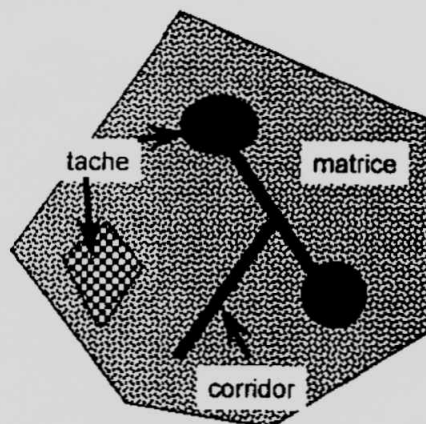


Figure 2. Eléments de base d'une structure paysagère formant les paysages à savoir les taches, les corridors et la matrice (D'après Burel et Baudry, 2003).

#### **1.1.4. Mesures de frontières du paysage.**

Même si elles ne sont pas explicites du point de vue spatial, les métriques concernant la frontière devraient être considérées plutôt comme de mesures de configuration du paysage.

Dans le cadre de l'écologie du paysage, une grande partie de l'importance accordée à la structure du paysage est liée à l'effet de frontière. Par exemple, l'effet de lisière en forêt est la conséquence de différences d'intensité du vent et de lumière qui altèrent le microclimat et les processus de perturbation (Chen and Franklin, 1990).

Longtemps on a considéré que les conditions de frontière étaient favorables pour la plupart des espèces et que la juxtaposition de différents types d'habitat accroît la diversité des espèces. Par conséquent, les premiers efforts de gestion du paysage ont mis l'accent sur la maximisation de l'habitat de frontière. Des études récentes (Noss, 1988 ; Wilcove, 1985) ont toute fois nuancé cette conception. Ils ont pu montrer, par exemple, que les changements dans la végétation, le parasitisme et la compétition à la lisière des forêts ont comme conséquence le déclin de la population de certaines espèces dépendantes des conditions d'intérieur.

C'est pour cette raison que, la frontière totale d'une classe dans un paysage donné peut être l'information la plus importante pour l'étude de la fragmentation. La plupart des effets défavorables de la fragmentation des forêts semblent liés à l'effet de lisière. La frontière totale d'un paysage est un bon indicateur de l'hétérogénéité de celui-ci.

#### **1.1.5. Caractérisation de la lisière et de l'intérieur de la tache.**

Les taches des habitats sont des structures paysagères qui apparaissent ponctuellement et isolement dans un espace dominant caractérisé par une certaine uniformité d'occupation du sol et qualifié de matrice (Forman et Godron, 1986). La superficie, la forme, l'écartement, l'organisation des taches conditionnent la présence de certaines espèces, qui ont besoin de grands domaines pour survivre, ou peuvent se déplacer d'un habitat à l'autre (Forman et Godron, op-cit).

Avec la diminution de la taille des fragments d'habitats, l'effet de lisières (système écologique nommé écotone) s'accuse et favorise les espèces dites communes au détriment des espèces spécialisées (Pulliam, 1986). Ce qui se passe dans les taches d'habitats est influencé

par ce qui se passe dans les taches d'habitats alentour. Le degré de discontinuité d'un paysage peut avoir une influence considérable pour la population car, il affecte la distribution et la qualité des habitats favorables (Pulliam, op-cit). La qualité d'un habitat peut être altérée par la présence d'habitats d'autres types dans les environs (Wiens, 1997).

Les concepts d'organisation de la communauté de Clément et Gleason (op cit) prédisent des modes d'organisation différents de distribution des espèces le long de gradient géographiques. D'un côté Clément (op cit) avance que les espèces appartenant à une communauté sont étroitement associées les unes des autres, et que les limites écologiques de distribution de chaque espèce correspondent à la distribution de la communauté dans son ensemble. Ce concept d'organisation de la communauté est communément appelé la communauté fermée. D'un côté, Gleason (op cit) pense que chaque espèce est distribuée indépendamment des autres espèces qui coexistent avec elle au sein d'une association particulière. Ce concept d'organisation de la communauté est considéré comme la communauté ouverte.

La caractérisation de lisière et de l'intérieur se fait sur la longueur d'interface entre les types de formation végétale et /ou la surface totale et la surface fragmentée des types de formation végétale par rapport à un problème donné et à l'échelle choisie (IFN, 2005). Schleapfer (op cit) ajoute que cette caractérisation doit se faire aux périmètres des taches.

Schultz et al (1955) cité par Ricklefs (2005) ont prouvé que, de façon similaire aux frontières entre prairie et fourré ou entre prairie et forêt, changements nets de température du sol, d'intensité lumineuse, et de fréquence des incendies entraînent le remplacement de nombreuses espèces. Les frontières entre les prairies et les fourrés sont souvent nettes parce que, lorsqu'un type de végétation prend un avantage compétitif sur l'autre, il domine la communauté.

Les herbacées empêchent la croissance des plantules des buissons en réduisant le niveau d'humidité des couches superficielles du sol. Les buissons diminuent la croissance des plantules des herbacées en leur faisant de l'ombre. Le feu maintient évidemment une limite nette entre les prairies et les forêts dans le centre Ouest des Etats-Unis (Borchert, 1950).

Dans ce travail, la lisière est définie comme une ligne limite entre la jachère et la forêt primaire et l'influence de largeur de lisière comme une zone de transition entre la jachère et la forêt primaire. Les différents phénomènes écologiques associés avec la nature physique de la zone sont appelés effets de lisières. Dans le paysage, la longueur d'influence de lisière devrait procurer un refuge et/ou une zone tampon pour les plantes et les animaux, et cela devrait fortement influencer le mouvement de matériaux et énergie (Forman et Godron, 1986).

Variante au-delà du temps et de l'espace, comme avec des différentes mesures physiques et biologiques, la longueur de lisière devrait affecter l'environnement régional, esthétiques, récréatif, conservation de vie sauvage, dérangement de régime et direction des autres éléments de ressources (Franklin et Forman, 1987 ; Franklin, 1989 ; Chen et al, 1990 ; Ripple et al, 1991).

Il est important d'être conscient que le concept d'un écotone ne se réduit pas à l'interaction entre communauté, ni à une transition entre le nombre d'espèces. Toute interface entre population ou entre écosystème peut être vue comme écotone. Les transitions d'écotones peuvent inclure des flux de matériaux autant que des transitions des structures d'assemblage (Hollan, 1988).

## **1.2. LE CLIMAT DU SOL DES PAYSAGES TROPICAUX.**

D'une manière générale, les caractéristiques de la zone tropicale sont dues à sa localisation géographique entre les parallèles 23° 27° N et S. C'est la région où le soleil peut apparaître directement à la verticale. Par rapport aux régions tempérées, la position élevée du sol au dessus de l'horizon permet à une plus grande quantité de radiation d'atteindre la limite extérieure de l'atmosphère (Van Wambeke, 1995).

La position élevée du soleil au dessus de l'horizon et la longueur constante du jour ont deux conséquences sur le climat en région tropicale. Premièrement, au moment où le soleil est au zénith, la forte radiation et la chaleur provoquent une dilatation de l'air qui en montant se refroidit et produit la condensation de l'humidité et la formation des nuages. Il en résulte un maximum de pluies au moment de l'année où le soleil est directement à la verticale. En second lieu, il n'y pas de saisons qui soient déterminées par des changements marqués de la température.

Le pédoclimat est la seule propriété que tous les sols des tropiques partagent et qui les sépare des sols des régions tempérées. Cette caractéristique commune est importante tant du point de vue de l'utilisation des sols que du point de vue de la compréhension correcte des processus pédogénétiques (Van Wambeke, op-cit). Le pédoclimat peut être examiné sous plusieurs aspects, mais dans le cadre de ce travail, nous examinerons l'un d'eux reliant la température et l'humidité du sol à l'influence de la zone de lisière.

### **1.2.1. Température du sol.**

#### 1.2.1.1. Effet de la radiation sur la température du sol.

Une unité de surface en région tropicale reçoit plus de radiation qu'en région tempérée par ce que l'angle d'incidence de la lumière est moindre. En même temps, l'épaisseur de l'atmosphère au travers de laquelle la lumière doit passer avant d'atteindre le sol est beaucoup plus petite ; par conséquent, l'intensité de radiation qui entre dans la basse atmosphère est plus grande sous les tropiques que dans les régions de latitude élevée (Van Wambeke, op cit.).

La position élevée du soleil au dessus de l'horizon fait que la forte intensité de la radiation est un des facteurs critiques pour la croissance des plantes ; en effet, la radiation est capable de faire monter la température à des valeurs qui peuvent être létales pour la germination des graines et pour les jeunes plantules. Les amplitudes thermiques à la surface du sol nu sous les tropiques sont généralement très élevées et peuvent dépasser 20°C entre la nuit et le jour. Ce changement important de température qui coïncide souvent avec des fluctuations d'humidité accélère la décomposition de la matière organique.

L'angle d'incidence de la lumière solaire dépend aussi de l'exposition de la pente. La topographie peut causer des variations légères de la température du sol. Cependant, à cause des faibles latitudes de tropiques, il n'y a guère de différence entre les températures des versants nord et sud de collines, comme cela se présente dans les climats tempérés. Par exemple, à 14° de latitude nord, les différences ne sont que de 3°C à 50cm de profondeur entre les pentes exposées au nord et au sud (Alexander, 1976).

Les propriétés du sol influence l'ampleur des changements de température qui se produisent dans le sol. La température varie en fonction de la chaleur spécifique et de la conductivité thermique du sol. La conductivité thermique des sols varie en fonction de leur teneur en eau,

leur densité apparente, leur teneur en matière organique et en quartz. L'eau augmente la conductivité thermique des sables à des faibles teneurs en eau (inférieures à 10%), mais il faut de fortes teneurs en eau pour que cela se passe dans les sols argileux (Sinclair, 1987).

Les constantes physiques qui viennent d'être mentionnées signifient que les sols secs, pauvres en matière organique sont les plus sensibles aux extrêmes de température. Ce sont les couches superficielles sableuses qui souffrent plus des fortes radiations solaires.

Lorsque la surface du sol est entièrement protégée de la radiation par une couverture végétale dense, elle ne peut jamais atteindre des températures supérieures à celles de l'air qui l'entoure. Les observations menées à 10cm de profondeur sous forêt ombrophile en Guyane ont révélée des températures uniformes voisines de 24°C (Van Wambeke, op. cit.).

Dupriez et Leener (1986), après une étude menée au Mali sur un paysage arboré et la terre nue, ont observé qu'un paysage arboré crée un microclimat à proximité du sol de par son ombrage et de son brise-vent. La terre nue est exposée au soleil après avoir été battue par la pluie ; la température du sol s'élève fortement en surface jusqu'à 60 ou 70°C. Cette température transmet sa chaleur brûlante à l'air et aux couches sous-jacentes ce qui rend l'évaporation maximale.

La couverture arborée par contre, est moins exposée au soleil. Durant toute la journée, une bonne partie de la surface est ombragée et la température du sol dans l'ombre n'excède pas 28°C ou 30°C. L'évaporation du sol est donc moins intense puisque la température de l'air se trouvant en contact avec le sol et celle du sol s'élève moins.

### 1.2.1.2. Effet de la température de l'air sur la température du sol.

Les sols qui ne sont pas directement influencés par la radiation ont tendance à adapter leurs températures à celle de l'air qui l'entoure. Les corrélations entre la température de l'air et du sol sont utilisées par les taxonomistes à des fins de classification. Ils utilisent les moyennes annuelles et mensuelles pour distinguer différentes de régime de température du sol.

Sous les tropiques, les températures annuelles du sol sont toujours plus élevées que les températures annuelles de l'air, mais les différences entre les deux varient suivant les régimes

d'humidité du sol. Les différences les plus grandes s'observent sur les sites les plus secs qui ont habituellement un régime d'humidité aridique et peuvent atteindre plus de 5°C.

Dans les sols qui ont des régimes d'humidité aridique, la différence est approximativement de 2°C. La chaleur spécifique plus élevée et une meilleure conductivité thermique des sols humides, associées à une proportion plus faible en climat pluvieux de radiation atteignant le sol, expliquent ce comportement différent (Nullet et al, 1990). Il n'y a actuellement aucun modèle informatique permettant aux taxonomistes d'estimer avec précision, à tout moment et n'importe quelle profondeur, les températures du sol à partir des données atmosphériques.

La zonalité verticale est le terme utilisé pour désigner les variations des propriétés du sol liées aux changements d'altitude. La température de l'air diminue généralement de 0,6°C pour chaque augmentation d'altitude de 100m ; les températures du sol présentent la même tendance (Fleney, 1981).

#### 1.2.1.3. Effet de brûlis sur la température du sol.

Les brûlis de la végétation est pratique courante sous les tropiques. Pour des nombreux cultivateurs, c'est la pratique la plus économique et la plus facile pour se débarrasser de la végétation des champs lorsqu'on veut établir des cultures. Les effets de brûlis sur l'environnemental et leurs conséquences sur les sols ont depuis longtemps généré de controverses.

Les changements de température du sol dus aux brûlis dépendent de l'intensité du feu et de sa durée. La température élevée observée au sein même de la végétation en feu est fonction de la quantité de matière organique, de sa teneur en eau et de la vitesse de combustion (Pilot et Masson, 1951). Cette dernière est influencée par le vent qui apporte de l'oxygène au feu et qui détermine la vitesse de propagation du front de feu.

Le front des flammes, dans un feu de savane typique, progresse habituellement à une vitesse qui varie de 70 à 300 m/heure et peut occasionnellement atteindre 900m/h. La température au sein des flammes varie de 300°C à la surface à environ 200°C à 1,5m au-dessus du sol (Pilot et Masson, op cit).



Les effets du feu sur la température du sol dépendent de la durée d'exposition du sol au feu. Les températures du sol au cours d'un feu qui s'étend à une vitesse normale dans savane décroissent avec la profondeur. La durée pendant laquelle les températures du sol dépassent 50°C à 1 ou 2 cm de profondeur ne dépasse pas 1 ou 2 minutes. Pilot et Masson (op cit), ont trouvé une augmentation de 2°C à 5 cm de profondeur pendant les 5 minutes qui ont suivi le passage du front de feu dans une végétation herbacée.

### **1.2.2. Humidité équivalente du sol.**

L'humidité équivalente du sol est donc sa capacité au champ, sa capacité à contenir de l'eau. La capacité se réfère aux aspects quantitatif ou volumique ; il s'agit de la teneur en eau en fraction pondérale  $\theta_w$  (en poids ou en quantité) et en fraction volumique  $\theta_v$  (Anonyme, 2005). En agriculture, deux éléments importent plus particulièrement : la capacité du sol à retenir l'eau qu'il reçoit et à céder l'eau aux plantes et la capacité de celles-ci à la capter. C'est pour cette raison qu'on ajoute à la notion de capacité au champ, celle de capacité utile (la quantité d'eau que le sol peut céder aux plantes, après avoir été saturé à sa capacité au champ).

Le régime d'humidité est la qualité du sol la plus importante pour déterminer si la forêt ombrophile reviendra après déboisement et plusieurs années de cultures, et si les arbres parviendront à dominer le recru et empêcher les graminées d'envahir le terrain. Si la saison ne dépasse pas 2 mois (avec moins de 50 mm de pluies par mois) il y a probabilité pour que les associations des plantes pionnières dans la jachère qui suit les cultures comprennent de nombreuses essences arborées des forêts ombrophiles (Nieuwolt, op cit). Les effets combinés de la température et de l'humidité du sol créent dans le sol un climat qui influence sa formation, son comportement et la croissance des plantes.

#### **1.2.2.1. Le mouvement de l'eau dans le sol et sa disponibilité pour les végétaux.**

La connaissance du système « sol-plante-atmosphère continuum » (SPAC), dont les composantes sont indissociables, a totalement modifié la conception de la disponibilité de l'eau du sol pour les plantes (Mambani, 1980). La capacité d'utilisation de l'eau du sol par les plantes est étroitement liée à la nature des plantes, mais aussi aux caractéristiques du système sol-eau et à l'état énergétique de l'eau dans l'atmosphère environnant.

L'estimation de la réserve d'eau utilisable est à appliquer seulement pour une plante bien déterminée. Dans la pensée courante, la capacité d'eau utilisable (EU) s'identifie à la tranche d'eau comprise entre la capacité au champ ( $\varphi_{cc}$ ) et le point de fanaison permanent ( $\varphi_{fp}$ ).

$$EU = \theta(\varphi_{cc}) - \theta(\varphi_{fp}) \quad (1)$$

L'alimentation hydrique des plantes à partir des réserves du sol dépend en grande partie de la mobilité de l'eau. Celle est déterminée par son état énergétique et les propriétés hydriques du sol, telle que la conductivité hydraulique et la capacité de rétention. Dès lors, la meilleure estimation de la disponibilité potentielle de l'eau pour les plantes sera obtenue par la relation entre le potentiel matriciel du sol ( $\varphi_m$ ) et la teneur en eau ( $\theta$ ).

En considérant la relation entre le potentiel matriciel ( $\varphi_m$ ) et la teneur en eau ( $\theta$ ), un sol est, du point de vue de l'alimentation hydrique d'autant meilleure que la valeur  $d\theta/d\varphi_m$  n'est ni trop élevée ni trop faible et proche de celle obtenue des échantillons à texture limoneuse (Salter, 1971). L'analyse du comportement de l'eau dans le continuum «SPAC» montre que sa disponibilité pour les plantes dépend des interactions d'un grand nombre des facteurs.

### **1.3. PRESENTATION DU CADRE DE L'ETUDE.**

#### **1.3.1. Localisation.**

Le site de cette étude est le plateau Isalowe de la région de Yangambi. Cette dernière est un territoire situé à 100km à l'ouest de la ville de Kisangani, dans la province orientale en RD. Congo. Ses coordonnées géographiques sont 24° 29' longitude Est, 0° 49' latitude nord et 500m d'altitude (De Heinzelin, 1952).

Dans ce territoire au temps de la colonie, l'INERA (Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques) a acquis par l'arrêté royal belge de novembre 1933 portant sur sa création, une concession s'étendant environ sur 6 297 Km<sup>2</sup> (Drachoussff et al, 1991).

Selon Beguin (1962), cette concession correspond à étendue comprise entre 24°16' 95'' et 25°08'48'' longitude Est, 0° 38'77'' et 1° 10'20'' latitude nord (environs 480m d'altitude).

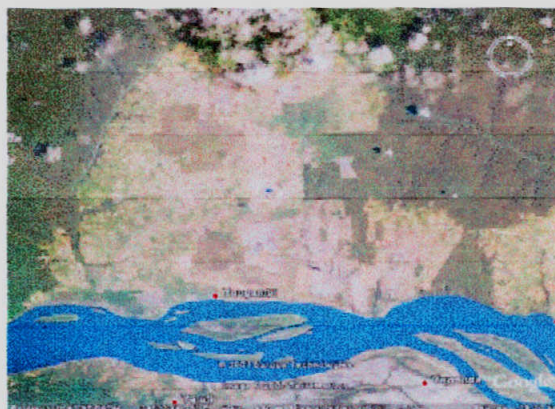


Figure 3. Yangambi et ses environs sur une image satellite (source : Google 2007).

### 1.3.2. Géologie et géomorphologie.

#### 1.3.2.1. Aspects géologiques

Le substrat géologique de profondeur dans la région de Yangambi est constitué par l'étage de LOIA ou LOYA attribué au jurassique supérieur (De Heinzelin, Cahen, cités par Kombele, 2004). Ce substrat a été recouvert par des dépôts de sables fluvio-lacustres et éoliens qui constituent la série géologique dite Yangambi vers la fin du Tertiaire et au Quaternaire (Cahen, cité par Kombele, op cit).

Cahen (op cit) a observé que la série de Yangambi fut déposée dans un bassin de sédimentation lacustre par des apports fluviaux torrentiels, par des apports de sable éoliens sous un climat aride à semi-aride du Néogène (Tertiaire supérieur), du Pléistocène de l'Holocène (Quaternaire).

Suivant l'échelle stratigraphique établie par cet auteur, une nappe de concrétion d'hydroxyde de fer, située entre 40 et 50m au dessus du fleuve, repose sur la série. Cette nappe, d'une puissance irrégulière (quelques mètres), dite également « banc limonitiques » (De Leenher et al, De Heinzelin, cités par Kombele, op cit) ou cuirasse ferrugineuse (Van Wambeke, 1995), s'est stratifiée et concrétionnée sur place.

En second lieu, il y a la nappe de sables ocre-jaune de plateau, d'une puissance d'environ 50m, d'origine éolienne (15 à 55% des grains ronds mats); mais elle est aussi remaniée par l'eau (15 à 36% des grains anguleux mats).

En troisième lieu, une nappe de sables blancs ou ocres des replats situés entre 30 et 35m au dessus du fleuve et reposant sur les terrasses d'environ 20m; les sables de cette nappe ont une puissance d'environ 10m et sont dominés par des sables non éolisés (5 à 30% de grains anguleux et mats contre 5 à 16% de grains ronds et mats).

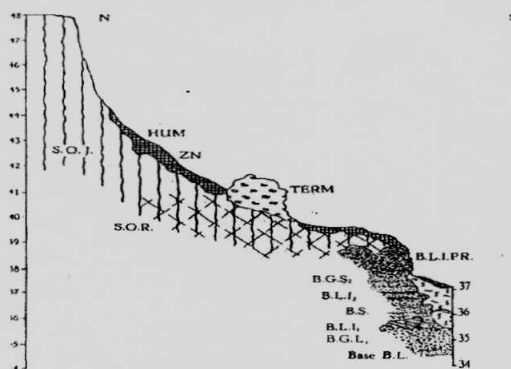


Figure 4. Coupe de Yaosuka (falaises de Yangambi en amont de la rivière Isalowe entre 28-48 m s/fleuve). Sources : De Heinzelin, 1952 ; Kombele, 2004.

**Légendes :** SOJ = sable ocre jaune ; SOR = sable ocre rouge ; BLIRP = banc limonitique induré principale ; BGS<sub>2</sub> = 2<sup>e</sup> banc de grenailles limonitiques ; BLI<sub>2</sub> = 2<sup>e</sup> banc limonitique induré ; BS = banc sableux stratifié grossièrement ; BLI<sub>1</sub> = 1<sup>er</sup> banc limonitique induré ; BGL<sub>1</sub> = 1<sup>er</sup> banc de grenailles limonitiques ; Base BL = base des bancs limonitiques ; HUM et ZN = matières humiques et zones de sol noires ; TERM = termitières noires en activité ; N.B. : entre 28 – 34 m : zones d'éboulis.

Enfin, la quatrième nappe, celle des sables blancs ou ocres des replats de 15 à 20m au dessus du fleuve et reposant sur les terrasses d'environ 10m; les sables de cette nappe ont une puissance entre 5 et 10m, sont essentiellement brassés par l'eau (quoiqu'il existe encore quelques grains ronds et mats).

Selon Kombele (2004) et par analogie, on peut dire que les trois nappes de sables ocre jaune, blancs ou ocres de Cahen de 1954 correspondraient aux couches busiriennes de De Leenher et al de 1952 et au substrat de Van Wambeke de 1995. Les matériaux situés au-dessus de la nappe de concrétions limonitiques correspondraient au dépôt éolien de De Leenher et al (1952) et au matériau superficiel de Van Wambeke (1952).

### 1.3.2.2. Aspects géomorphologiques.

Le relief de Yangambi est un plateau disséqué (plateau Lumumba), likango, Yangambi et Isalowe) par des vallées à fonds plats et larges. Ces fonds sont occupés par des cours d'eau dont les principaux, les affluents (Lifindo, Lotolo, Bofofoko, Lilanda, Bohondé, Lusambila, Isalowe, Lobilo, Lutuli, Londe, Loile, Lokwaye) sont tributaires du fleuve Congo et s'écoulent vers le sud.

Les nombreux sous affluents de Yangambi forment des interfluves plus étroit aux sources et larges au niveau de leur confluence avec les affluents du fleuve; tels sont les cas de la Bohondé au nord du plateau Lumumba, de la Lobiaie et de la Mbolé et de la Loweo au nord du même plateau, de la Boto et de Lusambila au sud du plateau Likango, de la Lobiaie et de la Loweo à l'est du plateau Lumumba, de la Loweo et d'Isalowe dans le sud-est, de la Boto et de la Bwanatombaku à l'ouest du plateau Likango.

Au nord, le plateau Lumumba est limité par la source de la rivière Bohondé, à l'est par la rivière Lobiaie, au sud par la vallée «Mbolé-Loweo» à l'est par l'affluent Bohondé. Au centre-ouest, le plateau Likango est limité au nord par la vallée Mbole-Loweo, à l'est par la rivière Isalowe, au sud par la vallée Boto-Lusambila au niveau de CPAA (camp de perfectionnement pour les assistants agricoles) et l'ouest par l'affluent Bohonde. Au sud-est, le plateau Isalowe est limité au nord par la rivière Ilongo, au sud par le fleuve Congo et à l'ouest par la rivière Isalowe.

Les plus larges interfluves sont ceux formés, à l'est du plateau Lumumba par la Lobiaie, la Lobilo et la Loweo; à l'ouest du même plateau, par la Mbolé et la Bohondé, à l'ouest du plateau par la Mbolé et Bwanatombaku, ensuite celui formé par la Bohondé et la Lusambila et Isalowe et Ilongo, ensuite celui formé par l'Ilongo et la Lobilo, beaucoup plus au sud-est et au-delà de la limite sud-est de Yangambi.

Au sud, le plateau de Yangambi limité par le fleuve Congo se termine par un versant d'environ 80m de hauteur par rapport au niveau moyen du fleuve (figure 5): ce sont les falaises de Yangambi observables du fleuve depuis le village Yangambi Lokele jusqu'à l'IFA/Yangambi (figure 6) (De Heinzelin, 1952 ; Kombele, 2004). Le plateau Yangambi est

occupé par la vallée Boto-Lusambila à environ 4 km vers le nord, ensuite par la vallée Mbolé-Loweo à environ 12 km vers le nord, ensuite par la vallée Bohondé-Lobiaie à environs 21 km vers le nord.

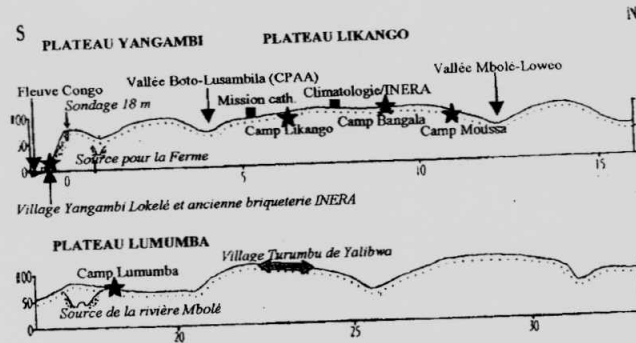


Figure 5. Profil topographique sud-nord de Yangambi-centre (distances sud-nord en km et hauteur en mètre). Source: Kombele, 2004.

A l'ouest, le plateau de Yangambi est limité par le versant oriental de l'affluent Bohondé d'environ 80m de hauteur par rapport au niveau moyen du fleuve (figure 6). D'ouest vers l'est à partir du km 0, le plateau Yangambi est occupé par une large vallée dont le fond est occupé par les rivières Lusambila-Isalowe. A l'est, le plateau de Yangambi, devenant plateau Isalowe, est limité par le versant oriental de la rivière Isalowe d'environ 100m de hauteur par rapport au niveau moyen du fleuve (De Heinzelin, 1952 ; Kombele, 2004). Le dernier versant vers l'Est est celui, occidental, de l'affluent Lobilo (figure 6) situé beaucoup plus à l'est de Yangambi.

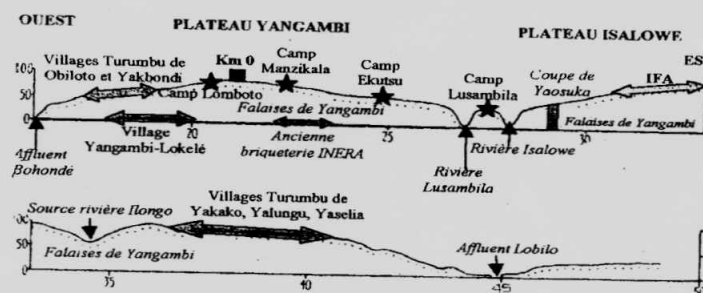


Figure 6. Profil topographique ouest-est de Yangambi (distance ouest-est en km et hauteur en m). Source: De Heinzelin, 1952 ; Kombele, 2004.

### 1.3.3. Climat de la région.

Yangambi est donc situé dans la zone climatique équatoriale Nord de la RDC, entre 0-2°N (De Heinzelin, 1952; Vandeput, 1981), zone influencée par un climat du type A<sub>f</sub> de Koppen (Bultot, 1972 et 1977) et à la classe B de THORNWAITE (A<sub>f</sub> où A signifie climat tropical humide dont la température moyenne du mois le plus froid est supérieure à 18°C ; f la précipitation du mois le plus sec et supérieure à 60 mm).

L'indice de précipitation du mois le plus sec y est de 100, indice correspondant aux climats humides (très humides) ce qui confère au climat un caractère continental, caractère que traduit l'aspect ombrophile de la végétation qui couvre la région.

La moyenne maximale annuelle de température relevée en 1990 est de 30°C, la minimale de 19,9°C et la moyenne de 24,9°C, ne variant pas beaucoup au cours de l'année, bien que cette dernière soit légèrement supérieure au premier semestre à celle du deuxième (24,8°C en avril contre 24,2°C en juillet).

Le total annuel des moyennes précipitations relevées en 1956 est de 1875mm (Gilson, 1956) se répartissant mensuellement entre 94mm (Février) et 241mm (octobre) ; mais Kombele (2004) signale qu'en 1990, 1837mm se répartissaient mensuellement entre 75 mm (juillet) et 247 mm (octobre). Ce qui révèle une légère faiblesse de précipitations entre 1956 et 1990 dans la région de Yangambi.

La moyenne mensuelle de l'humidité relative de l'air (%) entre 6 à 18h de la même période étant légèrement plus faible au premier semestre qu'au deuxième (77,7% en février contre 85.5% en novembre). Yangambi est relativement plus humide pendant le deuxième semestre de l'année avec toute fois une moyenne annuelle de 82,32%.

Selon Kombele (2004), Yangambi recevait 1972 heures de soleil en 1956, l'équivalent d'environ 45% de l'insolation astronomiquement possible. Entre 1986-1990, il reçoit 2131 heures par an, l'équivalent de 49% de l'insolation effective, ce qui indique un certain allongement de la durée journalière de l'insolation du milieu sur quarante ans environ.

Ces légères perturbations peuvent être dues aux changements climatiques globaux en général et, en particulier, à la profonde modification du couvert végétal dans la région de Yangambi. La figure 7 ci-dessous représente la moyenne de l'évolution de la température et de précipitation de la région d'étude pour une période de 5 ans (2000-2005).

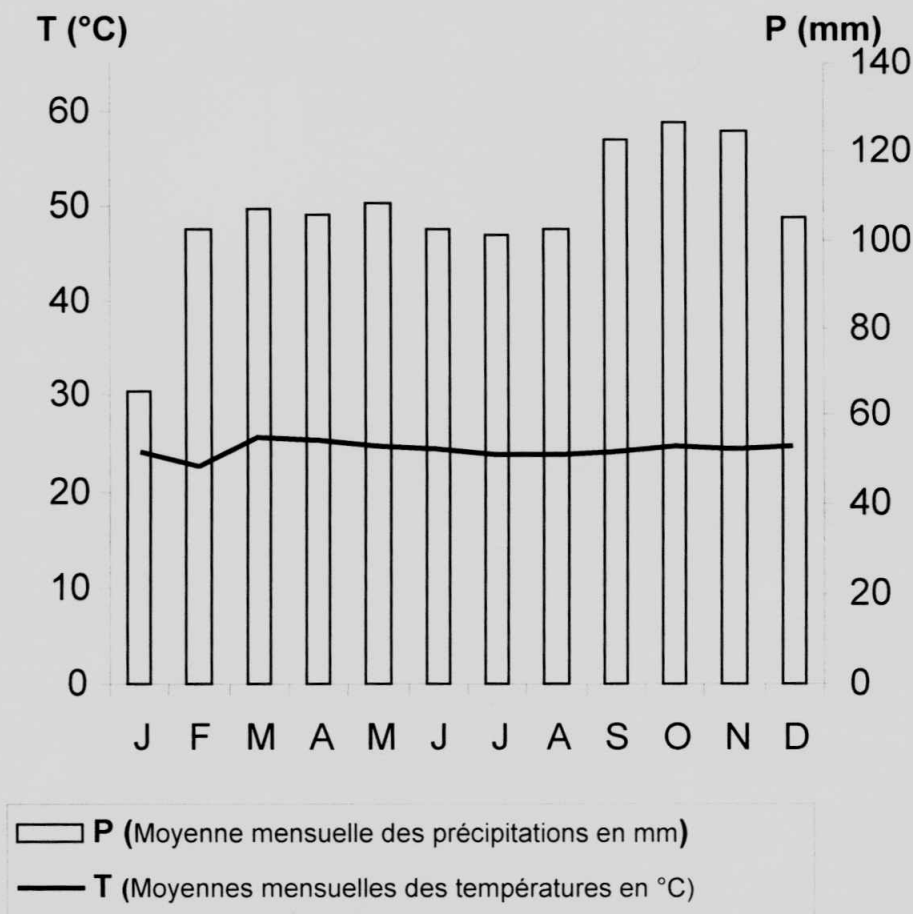


Figure 7. Diagramme ombrothermique de la région de Yangambi de 2000 à 2005.

### 1.3.4. Végétation.

Les principaux types de végétation à Yangambi peuvent être rassemblés dans deux groupes principaux : les types de végétation non modifiée et celui de types de végétation modifiée ou anthropisée.

#### 1.3.4.1. Végétations non modifiées.

Dans ce groupe on distingue :



- les forêts semi-caducifoliées (Van Wambeke et al, 1956) qui sont caractérisées par une physionomie encombrée et lianeuse à proximité des rivières, plus lourde avec un sous bois fort éclairci sur le plateau. Leur composition floristique est très variable, dominée principalement par *Scordophloeus zenkeri* Harms., *Cynometra hankei* Harms., etc.



Figure 8. Sous-bois et troncs de *Scordophloeus zenkeri* Harms d'une forêt semi-caducifoliée de la région de Yangambi (source : Alongo, 2007).

- les forêts ombrophiles sempervirentes à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.). Elles colonisent les pentes sableuses des abords des rivières où le substrat jouit d'une bonne économie en eau.

- les forêts climaciques (Lebrun et Gilbert, 1954 ; Germain et Evrard, 1956) qui sont des associations à dominance exclusive de *Brachystegia laurentii* (De Wild.) appartenant à la catégorie des forêts ombrophiles sempervirentes lourdes.

Van Wambeke et al (1956) signale qu'en plus de ces végétations non modifiées de terre ferme (plateaux et leurs versants), il existe aussi de végétations non modifiées des vallées et de bas-fonds.

#### 1.3.4.2. Végétations modifiées.

Van Wambeke et al (1956) classent sous ces types les recrûs forestiers, la parasoleraie, les forêts secondaires remaniées et les groupements artificiels. Kombele (2004) ajoute, le jardin de case, les friches herbeuses, les savanes (esobé) et les forêts surnaturelles.

- Les recrûs forestiers constituent le premier stade de la recolonisation forestière. Ils sont caractérisés par une physionomie de taillis très touffu dominé par *Vernonia*

*conferta* Benth., *Macaranga spinosa* Mull. Arg., *Harungana madagascariens*, etc. avec un sous bois très dense constitué de Zingibéracées et Marantacées diverses.



Figure 9. Un recrû forestier (avant plan) du Plateau Isalowe à Yangambi (Source : Alongo, 2007).

-La parasoleraie : est un stade de recolonisation qui se met en place après celui de recrûs forestiers sur un bon sol forestier. Elle est caractérisée par deux strates observables ; la supérieure dominée par *Musanga cecropioides* R.Br., l'inférieure, le sous bois, formée d'espèces sciaphiles adaptées à ce nouveau milieu et pionnière de la forêt secondaire.



Figure 10. Cime d'une parasoleraie du Plateau Isalowe à Yangambi (Source : Alongo, 2007).

-Les forêts secondaires et remaniées : sont considérées comme l'ultime stade de recolonisation forestière après celui de parasoleraie. On y observe une dominance des essences à croissance rapide et à bois léger comme *Ricinedendron heudelotii*, *Ptersianthus macrocarpus*, *Albizia adiantifolia* (Schum) W.F. Wight, etc.



Figure 11. Type de forêt secondaire avec un champ paysan du Plateau Isalowe à Yangambi  
(Source: Alongo, 2007)

Les groupements artificiels sont essentiellement constitués de bambous utilisés pour la fixation des falaises de Yangambi et favoriser leurs reboisement. Actuellement, ce bambous se sont développés même au delà des falaises dans les recrûs forestiers, les forêts secondaires et remaniées, devenant de ce fait une véritable contrainte à l'abattage et à l'instauration d'une bonne structure du sol en place pour les cultures vivrières.

-Les friches herbeuses : entourent les camps de travailleurs à Yangambi. Elles sont dominées par les graminées, plus précisément *Setaria sp*, *Panicum sp*, *Paspalum sp*, *Cynodon dactylon*, etc.). Elles sont moins artificielles que le jardin de case.



Figure 12. Type de friche herbeuse dominée par *Setaria sp* au Plateau Isalowe à Yangambi  
(Source : Alongo, 2007).

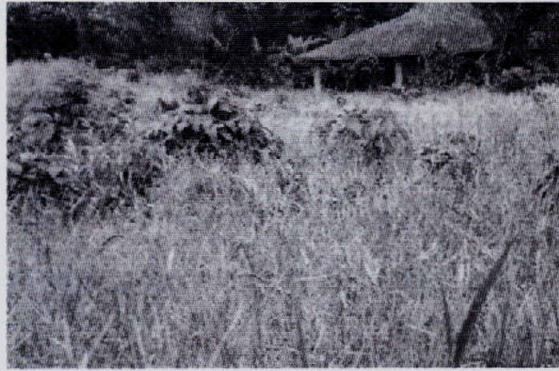


Figure 13. Type de jardin de case portant une culture de riz au Plateau Isalowe à Yangambi (Source : Alongo, 2007).

Les forêts surnaturelles : on les retrouve dans les réserves forestières où étaient pratiqués l'exploitation forestière sélective et l'aménagement forestier. Elles caractérisent donc un stade de recolonisation et de développement qui n'est ni totalement primaire (non modifiés), ni totalement modifiée, ni secondaire.

### 1.3.6. Sols.

D'une façon globale, il existe quatre principales séries de sols à Yangambi : la série Yangambi ( $Y_1$ ) occupant le plateau, la série Yakonde ( $Y_2$ ) occupant les hauts de versant, la série Isalowe ( $Y_3$ ) occupant les versants et le complexe Bohondé-Boto(AT) occupant les bas-fonds de vallées. Une seule série était retenue pour cette étude, à savoir la série Yakonde ( $Y_2$ ).

Les sols de la série Yakonde ( $Y_2$ ) sont de sols des hauts de versants, développé sur des sédiments éoliens fort altérés et remaniés par colluvionnement, de texture sablo-argileuse (20-30% d'éléments fins), ocre jaune (7.5 YR 6/4) ; et présentent en général une structure pulvérulente en surface, finement grumeleuse en profondeur (Van Wambeke et al, 1957 ; Sys et al, 1961).

La fraction argileuse est constituée essentiellement de la kaolinite. Le sol est en général pauvre en matière organique (1%) et sa capacité d'échange cationique effective est inférieure

à 10 méq /100g de sol. Il en résulte que les sols de la série sont acides, la teneur en cation basique étant très faible (Mambani, 1982).

La couche humifère y est plus développée et l'infiltration de la matière organique y est plus profonde, la pente y varie entre 3 et 7% ; les termitières y sont bien développées et plus fréquente (Kombele, 2004).

Sur le plan occupation du sol, trois séries végétales d'occupations dominant : les forêts primaires et surnaturelles, les jachères et les champs paysans, les plantations de l'INERA. Les sols de la série sont aussi occupés par les camps de travailleurs et les villas cadres.

Dans le cadre de ce travail, deux types d'occupation du sol ont été retenues pour évaluer les effets des lisières : jachère (d'une durée de 3-4 ans) et la forêt primaire.

### **1.3.6. Le jardin systématique de l'INERA/Yangambi au plateau Isalowe.**

C'est une réserve forestière où était pratiquée l'exploitation forestière sélective d'aménagement forestier. Ses coordonnées géographiques sont : 0°46'26'' latitude Nord et 24°30'29'' longitude Est.

Ce dernier se faisait par l'établissement de blocs (d'environ 1ha) délimités par des pistes et sentiers, par l'abattage sélectif d'arbres pour les planches, par l'élagage d'arbres entretenus, par l'introduction d'essences arborescentes exotiques étiquetées (*Terminalia superba* Engel. Ex Diels., Bambous, Eucalyptus, etc.).

Le jardin systématique de l'INERA, ne pouvait contenir que des plantes du Congo Ruanda-Urundi. Tous les genres végétaux peuvent être représentés, avec un maximum de 4 espèces végétales dans chaque genre.

Il y avait approximativement 6000 espèces à introduire et un terrain de 60ha à été délimité dans ce but.

L'arrêt des activités de recherche de l'INERA et de développement rural dans les paysannats à partir de 1960 provoque une profonde modification de la superficie de la réserve (jardin systématique) suite à la forte pression anthropique dont elle est victime. Les activités

L'arrêt des activités de recherche de l'INERA et de développement rural dans les paysannats à partir de 1960 provoque une profonde modification de la superficie de la réserve (jardin systématique) suite à la forte pression anthropique dont elle est victime. Les activités dominantes dans la réserve sont entre autres, l'agriculture itinérante sur brûlis, la chasse et le ramassage de produits forestiers non ligneux (chenilles, champignons, les escargots, etc.).



Figure 14. Une vue du sous-bois (avec les pieds de *Pericopsis elata*) du Jardin Systématique de l'INERA/Yangambi au Plateau Isalowe (Source: Alongo, 2007).

## **DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES.**

### **2.1. MATERIEL DE TRAVAIL.**

Pour réaliser cette étude, nous avons recouru aux matériels suivants :

- -42 cylindres de copeky pour la mesure gravimétrique de l'humidité du sol,
- 10 géothermomètres d'une capacité de 30 cm de profondeur pour déterminer la température du sol,
- une boussole pour l'orientation géographique des transects,
- 24 jalons pour les travaux d'alignement et de cheminement des transects,
- un ruban pour les mesures de longueur de transects,
- deux valises de pédologue pour le transport des échantillons du sol,
- deux étuves
- une balance de précision,
- un dessiccateur,
- un marteau de pédologue, trois pinces, un groupe électrogène de grande capacité.

Les échantillons du sol prélevés dans les tranches de 0-20cm et 20-40cm de profondeur dans les deux séries végétales d'occupation du sol (jachère et forêt primaire), nous ont également servis de matériel pour la mesure de l'humidité équivalente au laboratoire.

### **2.2. METHODES DE TRAVAIL.**

#### **2.2.1. Layonnage (matérialisation des transects).**

Après avoir localisé indirectement le nord géographique à l'aide d'une boussole, deux transects (Ndjele, 1998) traversant de part et d'autre les deux types d'occupations du sol (jachère et forêt primaire) ont été installés parallèlement l'un par rapport à l'autre suivant la direction nord-sud.

Le premier (T1) était de 680m de long dont 520 m sous forêt primaire et 160 m sous jachère ; et le second (T2) de 704 m de long dont 544 m sous forêt primaire et 160 m sous jachère.

Le premier transects se situait à 91m par rapport à la limite de forêt est et le deuxième transects se situait à 291m par rapport à la limite ouest de forêt, faisant ainsi une équidistance de 200m entre les deux. Leur installation était effectuée en abattant le moins possible la végétation de façon à ne pas augmenter l'éclairement. En général, les arbres de diamètre (à hauteur de poitrine) supérieur à 5 cm étaient maintenus et contournés.



Figure 15. Une vue de transect sous jachère et forêt primaire du site d'étude au Plateau Isalowe à Yangambi (Source : Alongo, 2007).

### 2.2.2. Relevés des caractéristiques principales dans chaque transects.

Etant donné que l'étude d'un sol ne peut être dissociée des facteurs qui ont contribué à son individualisation et sans pour autant faire une étude phytosociologique exhaustive, un certain nombre d'informations qui consistaient à identifier les espèces végétales dominantes était relevé suivant les transects.

Les deux transects étant orientés suivant la direction nord-sud, l'identification d'espèces dominantes était réalisée tous les 10 m de part et d'autre de chaque Transect (Est-ouest) et sur un parcours de 20 m chaque fois dans chaque transects.

### 2.2.3. Prélèvement des échantillons et détermination des températures du sol.

Chacune des deux zones (occupation du sol) comprend deux parties : lisière et la zone intérieure. Premièrement, on mesure le Transect. Ensuite, on détermine et on matérialise le



point milieu du Transect considéré. Puis, vient l'installation de profils pédologiques par creusement d'une fosse au point milieu matérialisé dans le Transect.

A partir du point milieu et suivant le transect, une partie de la forêt n'était pas échantillonnée puisque présentant des données constantes. C'est ainsi qu'en sautant ces parties, on s'est rapproché des tache où les fosses pédologiques profondes de 50 cm ont été installées tous les 32 m dans les transects: sous jachère, 160 m (dans chaque Transect) ont été utilisés pour l'installation de 5 fosses ; sous forêt, également 160 m (dans chaque Transect) ont été aussi utilisés pour l'installation de 5 autres fosses pédologiques.

Ainsi, dix fosses pédologiques ont été installées dans les deux occupations du sol. 40 échantillons du sol ont été prélevés à l'aide des cylindres de copeky dans les tranches de 0-20 cm et 20-40 cm de profondeur dans les deux transects, puis mis dans la valise du pédologue et ensuite emmenés au laboratoire pour la mesure de l'humidité équivalente du sol.



Figure 16. Vue d'une fosse pédologique sous jachère de la zone d'étude au Plateau Isalowe à Yangambi (Source : Alongo, 2007).

Quant aux températures du sol, elles ont été déterminées in situ à l'aide de géothermomètres. Le principe de détermination consiste donc à enfoncez le géothermomètre à sa profondeur d'emploi et, cinq minutes après, à procéder à la lecture de la température sur le géothermomètre. Dans cette étude, les géothermomètres utilisés ne permettaient la lecture de température à 30cm de profondeur.

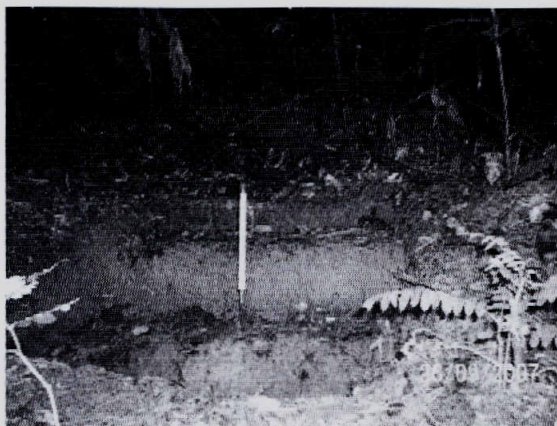


Figure 17. Détermination de la température du sol in situ sous la forêt à l'aide d'un géothermomètre en position verticale dans la fosse pédologique (Source : Alongo, 2007).

#### 2.2.4. Détermination de l'humidité équivalente du sol.

Elle était mesurée par gravimétrie à l'aide de cylindre de copecky avant et après séchage de l'échantillon à l'étuve à 105°C jusqu'à l'obtention du poids constant de la manière suivante :

P1: poids de cylindre de copecky

P2: poids du cylindre + terre humide

P3: poids du cylindre + terre séchée à 105°C

L'humidité équivalente (%) du sol étudiée est calculée par la formule :

$$\text{HumEq (\%)} = [(P2-P3) / (P3-P1)] \times 100 \quad (2)$$

Où : HumEq (%) = humidité équivalente en pourcent

P2-P3 = poids de l'eau

P3-P1 = poids de la terre séchée à 105°C.

La mesure de l'humidité était effectuée dans la tranche de 0-20cm et 20-40cm de profondeur.

Etant donné que la température du sol a été déterminé seulement dans la tranche de 0-30cm de profondeur, seule la tranche de 20-40cm fut considérée, ceci pour rapprocher le résultat de la réalité et pour faire des interprétations corrélatives.

Les courbes de variation du paramètre s'établissent au fur et à mesure que les données du paramètre seront déterminées.

Ces courbes représentent le changement d'un facteur écologique en fonction de la transition d'un type d'occupation du sol en un autre. Les zones pour lesquelles le facteur écologique est caractérisé par une valeur plus ou moins constante sont les intérieurs. Lorsque la valeur du facteur change par suite de la présence d'un autre type d'occupation du sol, on se trouve dans la lisière du premier type. Lorsque l'on dépasse le périmètre entre les deux types d'occupation du sol, on entre dans la lisière du deuxième type. Si la valeur du facteur écologique redevient constante, on est arrivé à l'intérieur du deuxième type.



Figure 18. Mesure de l'humidité équivalente par gravimétrie à l'étuve au laboratoire de l'IFA/Yangambi à Kisangani (Source : Alongo, 2007).

### **2.2.5. Analyses statistiques.**

Les moyennes et les erreurs standards de ces variables étaient informatisées et déterminés contre la distance à partir de lisière pour décrire les changements dans ces variables associés avec la lisière. Car il existe là des variations inverses dans la lisière par rapport à l'environnement intérieur de nos deux zones d'occupations (jachère et forêt primaire).

L'analyse de variance (ANOVA) à un seul facteur était utilisée pour tester l'hypothèse nulle que la moyenne pour chaque variable à partir de lisière jusqu'à l'environnement intérieur reste la même.

Le F statistique était informatisé et le test était appliqué pour déterminer la signification d'effet de lisière sur chaque variable.

Lorsque l'hypothèse nulle est rejetée, les techniques de régression non linéaire et de corrélation sont utilisées pour ajuster les changements dans ces variables aux divers modèles exponentiels et logarithmiques, ceci pour estimer l'influence de longueur de lisière et trouver le meilleur modèle pour chaque variable. Ainsi, la régression est considérée comme la définition mathématique de la liaison entre la longueur de lisière et les variables, tandis que la corrélation mesurait l'intensité de liaison. Les décisions concernant la limite de l'influence de longueur de lisière sont arbitraires sans se soucier de techniques appliquées, simplement parce que les changements dans n'importe quelle variable biotique ou abiotique à partir de position de lisière sont graduels.

Dans cette étude, l'influence de longueur de lisière est calculée comme les zones du transect pour lesquelles la valeur du facteur pédologique (écologique) change par suite de la présence d'un autre type d'occupation du sol.

### TROISIEME PARTIE: RESULTATS ET DISCUSSION.

Dans cette troisième partie, nous présentons les résultats obtenus à partir des différentes techniques et méthodes de l'écologie du paysage et de la pédologie.

#### 3.1.. RESULTATS.

##### 3.1.1 Humidité équivalente du sol.

Les valeurs de l'humidité équivalente du sol dans la tranche de 20-40cm de profondeur sont consignées dans le tableau 1 avec leur variation illustrée dans la figure 19.

Tableau 1. Humidités équivalentes du sol de deux transects dans la tranche de 20-40 cm.

Equidistances (m)	Transect 1	Transect 2	Humidités moyennes (%)
32	28,10	26,16	27,13±0,97
64	32,71	20,10	26,40±6,305
96	18,45	21,98	20,21±1,765
128	31,78	21,04	26,40±5,37
160	28,88	3,10	13,49±12,89
192	29,30	8,70	19,00±10,3
224	24,38	8,20	16,29±8,09
256	5,59	17,23	11,41±5,82
288	18,81	25,09	21,95±3,14
320	22,35	21,08	21,71±0,635

Les éléments du tableau 1 ci-dessus montrent que les valeurs moyennes de l'humidité du sol dans les deux zones intérieures de deux occupations du sol (jachère et forêt primaire) sont respectivement comprises entre 27,13% et 21,71%. Les éléments du tableau renseignent en outre qu'il existe des variations considérables entre les deux types de formations végétales étudiées selon ces paramètres.

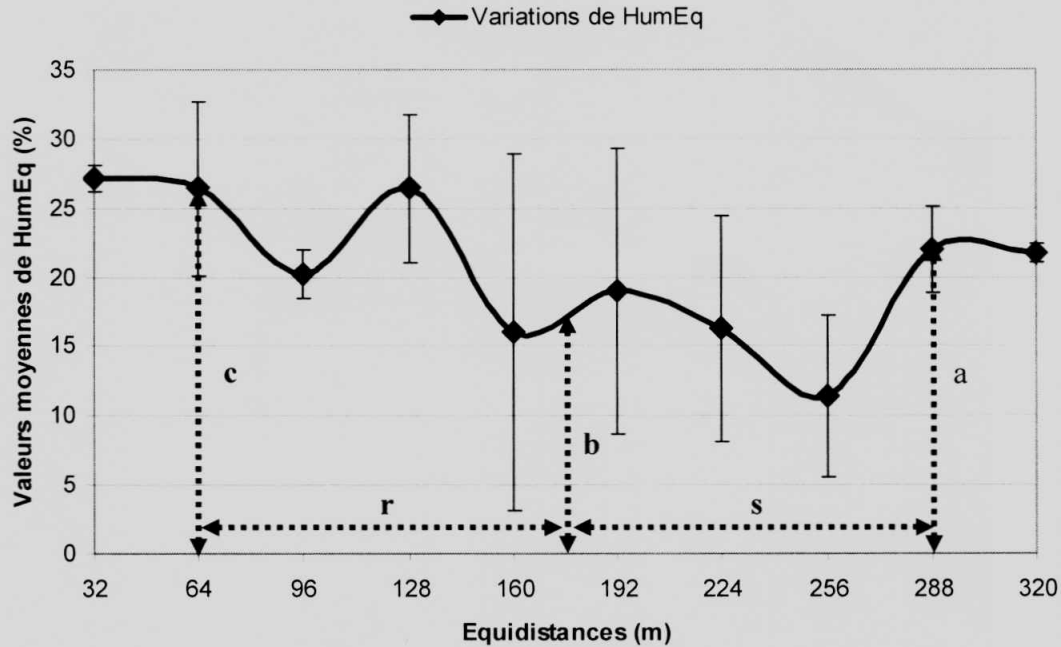


Figure 19. Variation de l'humidité équivalente du sol de deux transects dans la tranche de 20-40cm de profondeur.

Légende : HumEq : humidité équivalente

a : indice de position extrême de la zone intérieure de deuxième occupation

b : indice indiquant la fin de lisière de la forêt

c : la valeur extrême de la zone intérieure de première occupation

r : largeur ou longueur de la lisière de la jachère

s : largeur ou longueur de la lisière forêt

La courbe de la figure 19 ci-dessus représente le changement de l'humidité du sol en fonction de la transition entre jachère et forêt primaire. Elle indique que l'augmentation de la distance de lisière de la forêt augmente l'humidité équivalente du sol (à 224m et 192m de la forêt). Et contrairement à la forêt, l'humidité équivalente du sol diminue avec la distance à partir de la lisière jachère (à 96m de la jachère). Les valeurs les plus faibles de l'humidité équivalente du sol observée dans les deux lisières (jachère et forêt primaire) sont respectivement de 13,49% (à 160m du côté jachère) et 11,41% (à 256m de la forêt). L'analyse de variance telle que présentée dans le tableau 1 en annexe indique qu'il n'existe pas des différences significatives des moyennes de l'humidité équivalente de l'environnement intérieur et des lisières de séries végétales d'occupation du sol étudiées au seuil de 5%.

La courbe de figure 19 ci-dessus permet d'estimer grâce aux indices la largeur (ou longueur) de lisière et la vitesse de changement du facteur écologique. En effet, les calculs des indices révèlent que les types de formations végétales présentent la même longueur (r et s) de lisière dans le transect (soit 96m de part et d'autre) faisant ainsi un total de 192m pour les deux occupations du sol. Le résultat des indices montrent par ailleurs que les indices de vitesse de changement de l'humidité  $(b-c)/r$  et  $(a-b)/s$  est élevée dans la jachère (0,0042) que dans la forêt (0,0021).

Les variations de l'humidité équivalente du sol observées se justifient en sens que, après une coupe de la forêt, une inclinaison microclimatique forme les conditions plus sévères dans la zone de coupe et les conditions plus adoucies dans la forêt intérieure (Geiger 1965; Raynor, 1971). Ensuite, proche de lisière, le sol de la forêt reçoit plus de lumière, mais aussi expérimente les vents violents et les grandes variations des températures et d'humidités (Ranney, 1977).

En outre la vitesse de changement de variation de l'humidité dans la jachère prouve que le milieu ouvert (jachère) est beaucoup plus fragmenté que la forêt primaire. Il est enfin à noter que, les lisières de deux occupations sont davantage situées à l'intérieur qu'en limite entre les deux types de formations végétales.

### **3.1.2 Température du sol.**

Dans le tableau 2, sont consignés les résultats de l'évolution de la température du sol de deux transects dans la tranche de 0-30cm de profondeur. Tandis que sa variation dans les deux types de formations végétales (jachère et forêt primaire) est présentée dans la figure 20.

Tableau 2. Températures du sol de deux transects dans la tranche de 0-30cm de profondeur.

Equidistances (m)	Transect 1	Transect 2	Températures moyennes (°C)
32	24,2	25,0	24,0±0,40
64	24,3	25,2	24,7±0,45
96	24,2	24,4	24,3±0,10
128	24,0	24,0	24,0±0,00
160	23,5	25,0	24,2±0,75
192	24,0	24,0	24,0±0,00
224	22,1	24,2	23,1±1,05
256	23,2	24,1	23,6±0,45
288	23,3	24,1	23,7±0,40
320	23,3	24,1	23,7±0,40

Les éléments de tableau 2 montrent que les valeurs moyennes de l'évolution de la température du sol dans les deux occupations du sol (jachère et forêt primaire) sont comprises entre 24,7°C (à 64m dans la jachère) et 23,1°C (224m dans la forêt primaire).

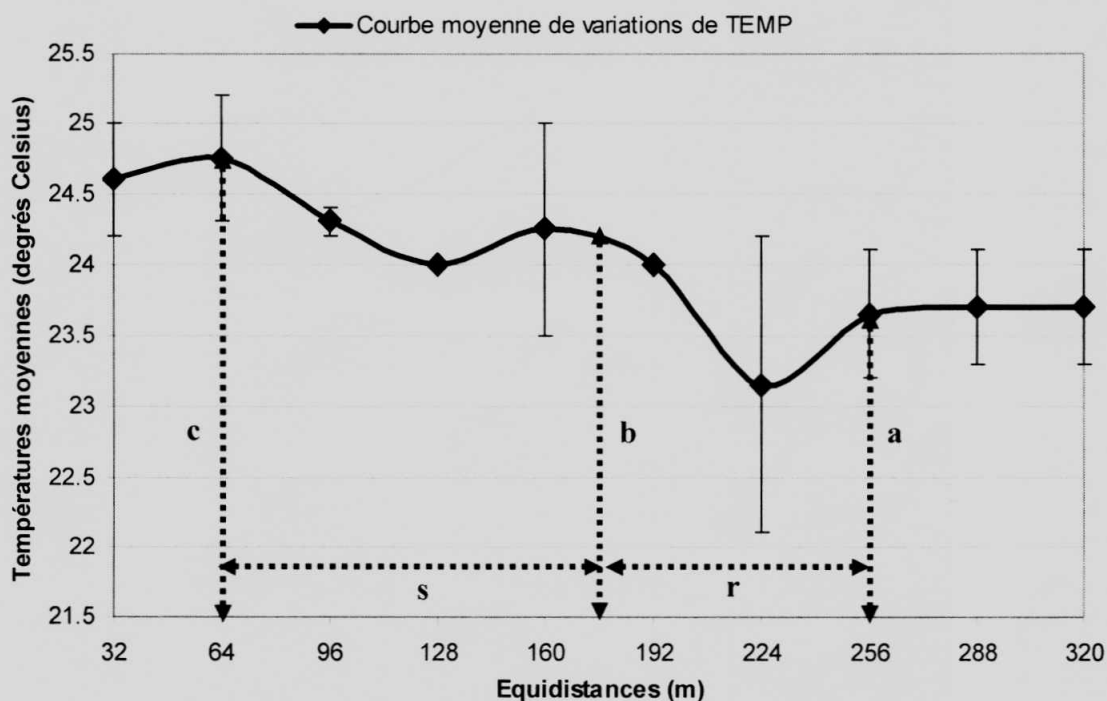


Figure 20. Variations de la température du sol de deux transects dans la tranche de 0-30cm de profondeur (TEMP = température).



La courbe de la figure 20 qui représente le changement de la température du sol en fonction de la transition entre la jachère et la forêt montre que la température du sol diminue d'une façon générale de la jachère vers la forêt. L'observation des éléments de cette figure indique que l'augmentation de la distance de lisière augmente la température du sol dans la jachère, tandis que cette l'augmentation de distance de lisière dans la forêt diminue la température du sol dans la jachère.

Le calcul des indices indique par ailleurs que la longueur de lisière entre les deux types de formations végétales est de 160m le long de transect, longueur répartie en 96m d'interface située dans la jachère et 64m d'interface située dans la forêt. La vitesse de changement de la température du sol déterminée à partir des indices de vitesse  $(b-c)/r$  et  $(a-b)/s$  est très élevée dans la jachère (0,77) que dans la forêt (0,11) ; expliquant de nouveau que la jachère est plus fragmentée que la forêt.

L'analyse de variance telle que présentée dans le tableau 2 en annexe indique qu'il existe des différences significatives des moyennes de la température du sol de l'environnement intérieur et des lisières de deux types de formations végétales étudiées au seuil de 5%.

### **3.1.3. Relation entre le paramètre pédologique et la distance de lisière.**

Les valeurs de corrélation entre paramètres pédologiques et distance de lisière sont consignées dans le tableau 3 en annexe.

La mesure de l'intensité de liaison entre ces variables (humidité et température du sol) et la distance de lisière a révélée une corrélation négative. Le signe négatif dans cette liaison voudrait expliquer que la relation entre les variables étudiées et la distance de lisière est inversement proportionnelle, ce qui revient à dire que quand la distance de lisière augmente, les variables étudiées diminuent et vice versa.

La définition mathématique de liaison entre les variables étudiées et la distance de lisière sont présentées dans les figures 21, 22,23 et 24.

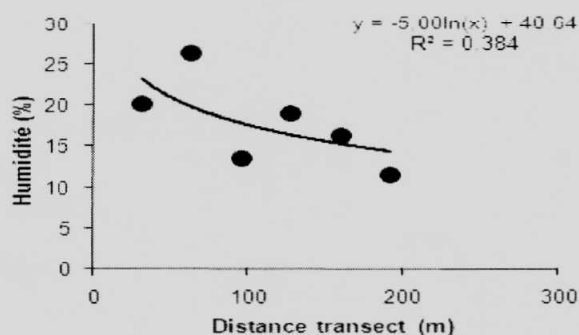


Figure 21. Droite de régression logarithmique entre l'humidité équivalente du sol et la distance de lisière.

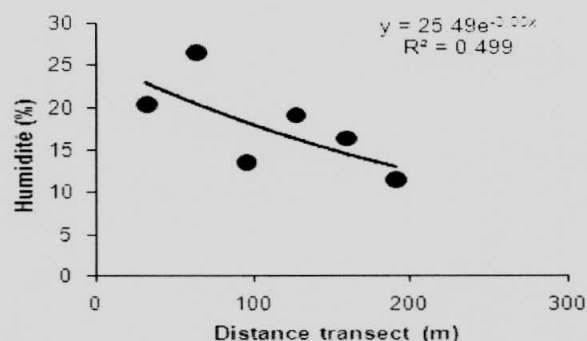


Figure 22. Droite de régression exponentielle entre l'humidité équivalente du sol et la distance de lisière.

Les figures 21 et 22 indiquent une relation non linéaire indirecte négative entre l'humidité équivalente du sol et la distance de lisière. Y est la réponse de l'humidité du sol à l'influence de longueur de lisière et x la distance de lisière dans les deux types de formations végétales. Les éléments de ces figures montrent que l'augmentation de la distance de lisière tend à augmenter l'humidité du sol dans la jachère, tandis qu'elle diminue l'humidité du sol dans la lisière forêt. La corrélation est donc négative modérée, relation négative consistante ( $r = -0,68$ ), avec une proportion de la dépendance non linéaire de 49,91%.

Les figures 23 et 24 ci-dessous représentent la réponse de la température du sol à l'influence de la longueur de lisière. Y est la réponse de la température du sol et x la distance de lisière dans les deux types de formations végétales (jachère et forêt primaire). Les figures indiquent donc une relation négative ( $r = -0,796$ ) entre la température du sol et la distance de lisière.

L'augmentation de la distance de lisière augmente la température du sol dans la jachère, mais elle entraîne la diminution de la température du sol dans la forêt. On observe donc là une corrélation négative haute ( $r = -0,79$ ) et une relation négative marquée. La proportion de la variation de la température du sol est expliquée par dépendance non linéaire indirecte entre la la température du sol et distance de lisière est de 63,44%.

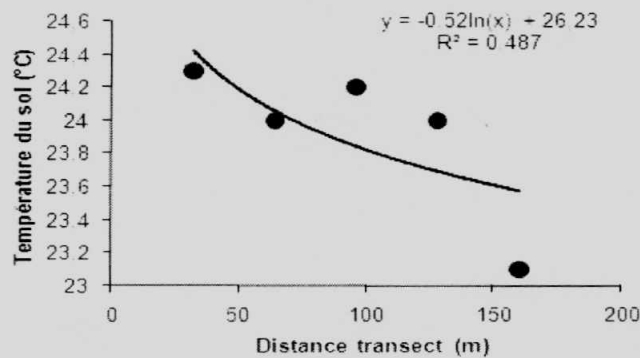


Figure 23. Droite de régression logarithmique entre la température du sol et la distance de lisière.

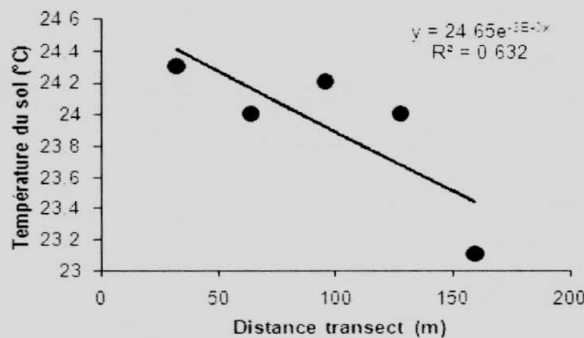


Figure 24. Droite de régression exponentielle entre la température du sol et la distance de lisière.

### 3.2. DISCUSSION.

#### 3.2.1. Méthodologie du travail.

Notre site d'étude est le Jardin Systématique de l'INERA/Yangambi jadis utilisé pour l'exploitation forestière sélective et l'aménagement forestier. Cependant, cette réserve

forestière connaît une déforestation inquiétante ces dernières années suite aux activités humaines nettes.

La méthode de transect était utilisée pour estimer l'impact potentiel de lisière de la jachère d'une durée de 3-4 ans et celle de la forêt. C'est une méthode adéquate souvent utilisée pour des études similaires car, elle permet d'apprécier le changement graduel d'un facteur écologique dans un écosystème tenant compte de sa particularité de traverser successivement les différentes occupations du sol.

Vingt fosses pédologiques de 50 cm x 50 cm x 50 cm ont été creusées dans deux transects parallèles pour la mesure de l'humidité équivalente et la température du sol. Cette méthode est couramment utilisée dans les investigations pédologiques et validée par l'association internationale des pédologues. Le fondement de cette approche est qu'un sol se distingue d'un non sol par son profil pédologique.

La température du sol était déterminée à l'aide de géothermomètre d'une capacité de 30cm de profondeur. La tranche de 0-30cm de profondeur était retenue pour mesurer la réponse de la température du sol aux effets de lisières. Le prélèvement de la température se faisait le matin (7heure), à midi (12heures) et après midi (17heure), pour qu'on ait une idée sur l'évolution journalière (tableau 5 en annexe).

L'humidité du sol par contre, était mesurée dans les tranches de 0-20cm et 20-40cm de profondeur par gravimétrie à l'aide de cylindres de copecky. Cependant, seule, la tranche de 20-40cm était prise en considération pour évaluer la réponse de l'humidité équivalente du sol aux effets de lisières. Puisqu'elle est beaucoup plus proche à celle de 0-30cm considérée pour la température du sol. Ceci pour aboutir aux interprétations corrélatives et justifiée pédologie. En fin, les températures moyennes du sol de deux transects prélevées le matin (7 heures) furent exploitées pour le traçage des courbes et différentes analyses statistiques ; aussi, parce que le prélèvement des échantillons du sol pour la mesure de l'humidité équivalente du sol était effectué à la même heure (7 heures), par crainte d'évaporation de l'eau du sol.

### 3.2.2. Interprétation des résultats.

En augmentant la distance à partir des lisières, l'humidité équivalente et la température du sol répondent graduellement à ces changements environnementaux.

L'humidité équivalente du sol varie avec la distance de lisière dans la forêt et dans la jachère (figure 19). L'humidité du sol diminue avec la distance de lisière dans la forêt, alors qu'elle augmente avec la distance avec la distance de lisière dans la jachère. Cette tendance peut s'expliquer en ce terme : dans la forêt, par exemple, une plus grande part de précipitation est interceptée, les amplitudes thermiques sont plus faibles et la vitesse du vent est freinée de façon efficace. En suite, ce résultats, n'entre pas en conflit avec les résultats d'une étude pilote de 1978, modèle microclimatique menée aux USA, indiquant que, près de lisière, le sol de la forêt reçoit plus de la lumière mais aussi expérimente les vents violents et grande variation en températures et humidités (Ranney, 1978).

Le test d'ANOVA (tableau 1 en annexe) a révélé une différence non significative des moyennes de l'humidité équivalente du sol dans les zones intérieures et des lisières de deux types de formations végétales étudiées, au seuil de 5%.

La température du sol par contre, diminuait avec la distance de lisière en forêt (figure 23 et 24), mais augmente avec la distance de lisière dans la jachère. Cela s'explique en sens que, la couverture arborée de la forêt est moins exposée au soleil que la jachère. Durant la journée, une bonne partie de la surface est ombragée, l'évaporation du sol est donc moins intense puisque la température de l'air se trouvant en contact avec le sol et celle du sol s'élèvent moins.

La conductivité thermique élevée observée dans la lisière jachère, peut se justifier par la teneur en eau, la teneur en matière organique et la densité apparente du sol dans cette partie d'occupation. En effet, l'eau augmente la conductivité thermique de sable à des faibles teneurs en eau (<10%), mais il faut des fortes teneurs en eau pour que cela se passe dans le sol argileux (Sinclair, 1987). Cette tendance texturale est observée dans les tranches du sol étudiées (0-20 et 20-40cm de profondeur) moins sous la forêt et plus sous la jachère.

Ces résultats coïncident avec ceux trouvés par Schultz et *al* (1955) cité par Ricklefs et *al* (2005). Ils ont prouvé que de façon similaire, aux frontières entre prairie et forêt, des changements nets de température, d'humidité et d'intensité lumineuse. Ainsi, les herbacées dans la forêt empêchent la croissance des buissons en réduisant l'humidité des couches superficielles du sol. Les buissons diminuent la croissance des plantules herbacées en leur faisant de l'ombre.

En dépit de cette tendance générale, les variables étudiées séparément ont montré des réponses différentes à l'influence de longueur de lisière. Cette influence s'observe plus avec augmentation de distance des lisières qu'aux extrémités nettes de deux types de formations végétales. La littérature de pointe concernant les effets de lisières sur les paramètres pédologique n'est pas encore bien fournie. Les lisières de deux types d'occupation du sol étudiées ont montré tous des faibles valeurs de l'humidité du sol par rapport leurs environnements intérieurs. Cependant, une extrême variabilité à partir de la corrélation négative entre les variables étudiées et la distance des lisières à été notée. Cette corrélation négative serait due à la composition botanique dans les zones de lisières, du fait que la croissance des arbres est liée non seulement à de niveaux de lumière et autres ressources, mais aussi à d'autres facteurs telles que statut individuel.

Ces différentes réponses des variables étudiées dans les zones des lisières du site de Yangambi en fonction de la couverture végétale sont soutenues par plusieurs autres études déjà rendues publiques (Gysel, 1951; Wagner, 1980; Williams, 1990) et dans lesquelles des nombreuses jeunes pousses et jeunes arbres ont été observés près de lisière affectant différemment les propriétés du sol.

L'humidité élevée du sol observée dans la jachère résulte de la perméabilité et la richesse en matières organiques des horizons de surface dans le sol de la série Yakonde (Y2).

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES.

Notre travail s'est fixé comme objectif principal l'étude des effets de lisières sur l'humidité équivalente et la température du sol. Les réponses de ces deux paramètres du sol face à l'influence de longueur de lisières ont été mesurées sous une jachère de 3-4ans d'âge et sous une forêt primaire à l'échelle du Jardin Systématique de l'INERA/Yangambi en RD Congo.

Par une approche écologique, deux transects parallèles équidistants d'environ 200 m et traversant les zones d'occupations du sol ont été installés en guise de layon pour évaluer la réaction de l'humidité équivalente et de la température du sol aux effets de lisières.

Les résultats relatifs aux changements de facteur pédologiques étudiés sous les deux types de formations végétales révèlent en générale des variations différentielles. Sous l'influence de longueur de lisière, l'augmentation de la distance de celle-ci augmente l'humidité équivalente et la température du sol dans la jachère. Sous forêt par contre, plus la distance de lisière augmente, plus l'humidité équivalente et la température du sol diminuent.

En dépit de ces différences marquées, les figures (21, 22, 23 et 24) confirment les effets généraux notés pour la forêt, à savoir l'abaissement de la température du sol dans la lisière sous forêt et son élévation dans la lisière sous jachère. Sans doute, le couvert forestier joue le rôle d'un écran non conducteur en interceptant les rayons du soleil. Il amortit par contre le mouvement de l'air et freine la dispersion de la chaleur rayonnée par le sol. En outre, l'influence de la forêt sur l'abaissement de la température maximum du sol procède, en partie de l'ombrage des couronnes et en partie de l'isolation thermique due à la litière.

En général, l'ANOVA à un facteur contrôlé réalisée par le logiciel d'analyse statistique SPSS 14,0 a révélé à un niveau relatif de 0,05, une différence non significative entre les moyennes de l'humidité équivalente du sol des zones intérieures et de lisières de deux types de formations végétales mais significative pour celles de la température du sol.

Les corrélations entre les variables étudiées et la distance à partir de lisière se sont révélés négatives et significative ( $r = -0,68$  et  $r = -0,796$ ), respectivement pour l'humidité équivalente et

la température du sol. Corrélations montrant une relation inversement proportionnelle entre l'influence de longueur de lisière et la réponse des variables étudiées.

Pour l'humidité équivalente du sol, la longueur de distance de lisière jachère pour l'humidité équivalente du sol s'est révélée égale à celle de la lisière sous forêt, soit 96m de part et d'autre en donnant un total de 192 m de longueur de lisière le long du transect pour les deux types de formations végétales.

Néanmoins, les indices de vitesse de changement du facteur écologique  $(b-c)/r$  et  $(a-b)/s$  diffèrent, soit 0,0042 sous la jachère contre 0,0021 sous la forêt.

Pour la température du sol par contre, la longueur de lisière le long du transect diffère sous les deux types de formations végétales, soit 96m dans la jachère contre 64m dans la forêt. De même différent aussi les indices de changement des valeurs du facteur écologique étudiés, soit 0,77 sous la jachère contre 0,11 sous la forêt. Ces différences observées entre les indices relatifs à la longueur de lisière et aux vitesses de changement des variables étudiées prouvent que le milieu ouvert (jachère) est plus fragmenté que le milieu fermé (forêt).

Eu égard à ce qui précède, on peut constater que la réserve forestière du Jardin Systématique de l'INERA/Yangambi subit progressivement une pression anthropique assez forte. Ce qui explique les variations rapides de l'humidité équivalente et de la température du sol observées. Cependant, tenant compte de la complexité du paysage, on ne peut tirer des conclusions précoces des effets de lisières sur l'humidité équivalente et la température du sol dans cet écosystème par les seuls résultats présentés dans ce travail. L'interprétation des approches utilisées et des valeurs obtenues mériteraient d'être approfondies et affinées afin de relever davantage la structure du paysage à ses fonctions selon les populations considérées et leur dynamique.

Du fait de la nature continue des conditions environnementales et des interactions biotiques, la plupart des communautés naturelles ont principalement des structures ouvertes caractérisées par des transitions douces entre différents types de communautés. Néanmoins, cette généralisation ne tient pas dans des régions d'intenses activités agricoles. Raison pour laquelle nous suggérons ce qui suit :



- Que les études soient approfondies pour mieux appréhender l'importance croissante des écotones suite au processus de fragmentation; en prenant en compte la surface des noyaux forestier, ceci pour dégager le rapport lisière/ surface totale;
- Que ces études soient généralisées dans d'autres séries de sols de la région en augmentant le nombre de types de formation végétale d'occupations du sol, pour l'estimation d'impacts potentiels de lisières sur la fertilité physique et chimiques des sols de la région;
- Que ces études soient orientées vers d'autres aspects comme réponses de différentes autres végétations à l'influence des effets de lisière, car cette dernière influence considérablement les propriétés physico-chimiques du sol.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- Alexander, E., 1976** . Soil Temperature and slope aspect around hill 988, CEIBA, vol.20 (1), Tegucigalpa, Honduras.
- Anonyme 2005** . Mémento de l'Agronome. 3è édition. Ministère de la coopération française. Paris. p 494.
- Bastian, O., 2001.** Landscape ecology: towards a unified discipline? *Landscape Ecol.* 16:757-766.
- Baudry, J., 1988.** *Ecologie du paysage.* Technique & Documentation, Paris, 359pp.
- Beguïn, H., 1962.** A propos de la population dans la région de Yangambi. Bruxelles : Acad. Roy. Des Sci. D'O-M ; bull. des séances, nouvelle série, 928-943.
- Bogaert, J. 2007.** Cours d'écologie du paysage. DEA gestion de biodiversité, Université de Kisangani RD Congo.
- Bultot, F., 1972.** Atlas climatique du bassin congolais. IIIe partie : température et humidité de l'air, rosée, température du sol. Bruxelles : Publ. INEAC., hors sér. , 278 cartes, 7 figures et 8 tableaux.
- Bultot, F., 1977.** Atlas climatique du bassin zaïrois. IVe : pression atmosphérique, vent en surface et en altitude, température et humidité de l'air en altitude, nébulosité et visibilité, classification climatique, propriétés chimiques de l'air et des précipitations. Bruxelles : Publ. INEAC., hors sér. , 344 cartes, 11 figures et 35 tableaux.
- Burel, J., 1991.** Dynamique d'un paysage, réseaux et flux biologique, Thèse de doctorat, Université de Rennes I, 235p.
- Burel, F., & Baudry, J., 2000.** *Ecologie du paysage : concepts, méthodes et applications.* Tec & Doc, Paris, France.
- Brandt, J., 2000.** The landscape of landscape ecologists. *Landscape Ecol.* 15: 181-185.
- Cahen, L., 1954.** *Géologie du Congo belge.* Liège: H. Vaillant-Carmanne s. a. , 557p.
- Cahen, L., 1983.** Brèves précisions sur l'âge des groupes crétaciques post-wealdiens (Loia, Bokungu, Kwango) du bassin intérieur du Congo (République du Zaïre). Bruxelles Mus. Roy. Afr. Centr., Dépt. Geol. Min., Tervuren. Rapport ann. 1981-1982, 61-72.
- Chen J. & Franklin J.F. 1990.** Microclimatic pattern and biological réponse at the clear-cut edges of old-growth Douglas-fir stands. *Northwest Environmental Journal* 6:424-425

- Chen et al 1991.** Edge effects: microclimatic pattern and biological réponses in old-growth Douglas-fir forests. Dissertation. University of Washington, Seattle, Washington, USA.
- CIRAD 2001.** Approches écologiques. Ecologie et dynamique des ressources naturelles. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement. Site : [cormas.cirad.fr/fr/dermach/ecologi.htm](http://cormas.cirad.fr/fr/dermach/ecologi.htm) (dernier accès : 16/07/2007)
- Clements, F.E. 1907.** Plant physiology and ecology. Henry Holt, New York, USA.
- Décamps H.2004.** L'écologie du paysage ou l'ambition paysagère de l'écologie. Lettre de l'Institut Français de la biodiversité, n°5, 2 pp.
- De Heinzelin, J., 1952.** Sols, paléosols et désertifications anciennes dans le secteur nord-oriental du bassin du Congo. Bruxelles : Publ. INEAC., 168p.
- De Leenher L., D'Hoore J., et Sys K., 1952.** Cartographie et caractérisation pédologique de la catena de Yangambi. Yangambi : Publ. INEAC., série scient. n° 55, 62p.
- Drachoussoff 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, 1203p.
- Dupriez, H. et Leener, P., 1986.** Agriculture tropicale en milieu paysan, collection Terre et vie. L. Harmattan end, Paris.
- FAO, 1995.** Forest Ressources Assessment 1990 : Global Synthesis. Forest paper 124.
- FAO, 2001.** FOSA document national de prospective-République Démocratique du Congo. FAO, Rome.
- Fleney, J., 1981.** The Equatorial Rain Forest, Butterworth, London.
- Forman R.T.T. & Godron M. 1986.** Landscape ecology. New York, USA.
- Forman R.T.T. 1995.** Some general principles of landscape and regional ecology. Landscape Ecol. 10: 133-142.
- Forman R.T.T. 1997.** Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Franklin, J .J. and R.T.T. Forman.1987.** Creating landscape patterns by forest cutting: ecological consequences and principles. Landscape Ecology 15-18.
- Franklin J.1989.** Toward a new forestry. Americacan Forests November/December: 1-8.

- GECOPA. 2004.** Site du GECOPA – Groupe de gestion écosystémique du paysage. Site : <http://gecos.epfl.ch/gecopa/defpaysage.shtml> (dernier accès : 16/08/2007).
- Geiger. R. 1965.** The climat near the ground. Harvard University Press, Cambridge, Massachussts, USA.
- Germain, R., et Evrard, C., 1956.** Etude écologique et phytosociologique de la foret à *Brachystegia laurentii*. Bruxelles. Publ. INEAC., série scient. n° 67, 102p.
- Gilson, P. et al. 1956.** Carte des Sols et de Végétations du Congo-Rwanda-Urundi, INEAC, Série Scient, n° 66, 141p
- Gysel L.W. 1951.** Borders and openings of beech-maple woodlands in southern Michigan. Journal of forestry 49: 13-19.
- IALE Suisse. 2002.** Site de l'IALE Suisse. Association Internationale pour l'écologie du paysage. Site : [www.wsl.ch/land/iale/whatle\\_fr.htm](http://www.wsl.ch/land/iale/whatle_fr.htm) (dernier accès 20/08/2007).
- IFN, 2005.** Inventaire Forestier National. Paysages forestier vu du ciel, Paris, Numéro Spécial.
- Hunter M. 1990.** Wildlife, forest, and forestry-principles of managing forest for biological diversity. Prentice Hall, Englewood Cliffs, Jersey, 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.
- Lebrun, J., et Gilbert, G., 1954.** Une classification écologique des Forêts du Congo. Bruxelles, Publ. INEAC. Série Scient, N°63, 89p
- Leopold A. 1933.** Game management. Charles Scribners, New York, USA.
- Lovejoy et al 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.
- Mambani, B., 1980.** Plant Water-Relation as a Criterian for Screening Four Draught Resistance in rice. Thèse de doctorat, UNAZA.
- Mambani, B., 1982.** Effect on land clearing on soil proprieties of on oxisol in the Zairean Bassin. Contribution to the International Syposium on Land clearing and developpement protection in the Humid and Sufhumid tropics, 23-26 Nov 1982. IITA IBADAN NIGERIA, pp 3-4.
- Mambani, B., 2002.** Amélioration des Sols acides de Kisangani et Ses environs. Projet de Recherche en cours, département de pédologie. IFA/Yangambi.

- Micha, J., 2007.** Cours d'Aménagement et gestion durable des Zones Humides Tropicales. DEA en gestion de la biodiversité, université de Kisangani.
- Ndjele, M., 1998.** Cours de botanique. Inédit IFA/Yangambi.
- Nieuwolt. S., 1977.** Tropical Climatology-An Introduction to the Low Latitude, London
- Noss, R.F., 1988.** Effects of edge and internal patchiness on habitat use by birds in a Florida hardwood forest. Gainesville, FL: University of Florida. 109 p Ph. D. thesis.
- Nullet et al.1990.** Temperature and Soil moisture regimes on a mountain Slope, Hawaii, Geoderma 47: 171-184
- Pilot. A. & Masson .H. 1951.** Quelques données sur la température au cours des feux de brousse aux Environs de Dakar, Bull. IFAN 6 : 47-62
- Pulliam H.R., 1988.** Source, Sinks and population regulation" America Naturalist, n° 132, p. 652-661
- Ranney, J., 1977.** Forest Island edges-their structure, development, and importance to regional forest ecosystem dynamics. Environnemental Sciences Division Publication Number 1069. Oak Ridge, Tennessee, USA.
- Ranney, J., 1978.** The importance of edge in the structure and dynamic of forest islands. Pages 67-95 in R. L. Burguess and M.D. Sharpe editors. Forest island dynamics in man dominated landscape. Springer-Verlag, New York, USA.
- Raynor, G. S., 1961.** Wind and temperature structure in a coniferous forest and a contiguous field. Forest Science 17: 351- 363.
- Ripple W.J., G.A. Bradshaw, and T. A. Spies. 1991.** Measuring forest landscape patterns in the Cascade Range of Oregon, USA. Biological Conservation 57: 73- 88.
- Salter. R., 1971.** Plant-Water relation ships. Academie press, London and New-York, 366pp.
- Schlaerpfher R. & Iorgulescu R. 2002.** Paysage en tant qu'écocomplexe : définition, types, caractéristiques, fonctionnement et fonctions. Fiche d'enseignement. Laboratoire de Gestion des écosystèmes, Ecole polytechnique de Lausanne, 24pp.
- Sinclair, J., 1987.** Soil properties and Management in Botswana, «In Alfisols in the Semiarid Tropics, ICRISAT, Patancheru, India, pp 49-58

- 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
- Thomas et al.1972.** Wildlife habitats in managed forest: the Blue Mountains of Oregon and Washington. USDA Forest Service Agricultural Handbook Number 553.
- 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. Planchette 2 : Yangambi, A et B. Bruxelles : Publ. INEAC., 31p.
- Van Wambeke, A ., 1957.** Notice Explicative de la Carte des Sols et de la Végétation du Congo-Ruanda-Urundi; Bruxelles: Publ. INEAC, 28p
- Van Wambeke, A., 1995.** Les sols des tropiques: propriétés et appréciation. CTA& Huy Trop asbl. 335p.
- Wagner, R. G., 1980.** Natural regeneration at the edges of Abies amabilis zone clear-cut on the slope of the Central Washington Cascades Thesis. University of Washington, Seattle, Washington, USA.
- Wiens, J. A., 1997.** Metapopulation dynamics and landscape ecology: 43-62. In: Hanski I. & Gilpin M. (eds.). Metapopulation biology: ecology, genetics and evolution. Academic Press, San Diego.
- Wiens, J.A., 1999.** Landscape ecology: the science and the action. Landscape Ecol. 14: 103.
- Wilcove, D.S., 1985.** Forest fragmentation and the decline of migratory songbirds. Dissertation. Princeton University, Princeton, New Jersey, USA.
- Williams, G., 1990.** Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. Journal of Ecology 78: 356- 373.
- Yahen, R. H., 1988.** Changes in wildlife communities near edges. Conservation Biology 333-339.

---

# ANNEXES

## ANNEXE 1. Anova humidité équivalente et température du sol.

## 1. ANOVA humidité

Modèle		Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
1	Régression	67,077	1	67,077	2,658	,142(a)
	Résidu	201,911	8	25,239		
	Total	268,988	9			

a Valeurs prédites : (constantes), Distance transect

b Variable dépendante : Humidité équivalente

## Coefficients(a)

Modèle		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signification
		B	Erreur standard	Bêta		
1	(constante)	25,359	3,432		7,389	,000
	Distance transect	-,028	,017	-,499	-1,630	,142

a Variable dépendante : Humidité équivalente

## Régression

## Variables introduites/éliminées(b)

Modèle	Variabes introduites	Variabes éliminées	Méthode
1	Distance transect(a)		Introduire

a Toutes variables requises introduites

b Variable dépendante : Température du sol

## Récapitulatif du modèle

Modèle	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
1	,811(a)	,658	,615	,30171

a Valeurs prédites : (constantes), Distance transect

## 2. ANOVA température

Modèle		Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Signification
1	Régression	1,401	1	1,401	15,388	,004(a)
	Résidu	,728	8	,091		
	Total	2,129	9			

a Valeurs prédites : (constantes), Distance transect

b Variable dépendante : Température du sol



Modèle		Coefficients(a)			t	Signification
		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés		
		B	Erreur standard	Bêta		
1	(constante)	24,707	,206		119,872	,000
	Distance transect	-,004	,001	-,811	-3,923	,004

a Variable dépendante : Température du sol

## ANNEXES 2. Corrélation entre distances de lisières et paramètres pédologiques.

### 1. Corrélation entre distance de lisière et humidité équivalente.

		distance transect	humidité
distance transect	Corrélation de Pearson	1	-0,688
	Sig. (bilatérale)		0,131
	N	6	6
humidité	Corrélation de Pearson	-0,688	1
	Sig. (bilatérale)	0,131	
	N	6	6

### 2. Corrélation entre distance de lisière et température du sol

		distance transect	température
distance transect	Corrélation de Pearson	1	-0,796
	Sig. (bilatérale)		0,107
	N	6	5
température	Corrélation de Pearson	-0,796	1
	Sig. (bilatérale)	0,107	
	N	5	5

ANNEXES 3. Valeurs et données de base de l'humidité équivalente de deux transects dans la tranche de 0-20 cm et 20-40 cm de profondeur.

1. Humidité équivalente du sol de deux transects dans la tranche de 0-20 cm

Equidistance (en m)	Transect 1	Transect 2	Humidité moyenne
32	28.07	21.06	24.56
64	28.89	26.44	27.26
96	13.34	15.08	14.21
128	13.27	12.05	12.66
160	18.23	1.22	9.72
192	11.69	5.29	8.49
224	27.39	16.45	21.92
256	30.47	20.09	25.28
288	29.83	26.43	28.13
320	20.26	26.64	23.46

2. Données de base de l'humidité équivalente dans la tranche de 0-20 cm de profondeur sous jachère et forêt primaire : Transect 2.

Occupation sol	Poids frais éch (g)	Poids sec éch (g)	Poids cylindre (g)
PI Jachère	208.18	183.84	69.15
PII Jachère	216.53	185.75	69.34
PIII Jachère	172.83	159.20	68.87
PIV Jachère	184.28	171.88	69.2
PV Jachère	185.12	183.74	70.79
PI Forêt Prim	164.15	157.95	40.78
PII Forêt Prim	203.79	184.75	69.07
PIII Forêt Prim	191.33	166.24	71.33
PIV Forêt Prim	208.82	185.5	69.48
PV Forêt Prim	185.20	161.19	71.18

Légende : Prim : Primaire.

3. Données de base de l'humidité équivalente dans la tranche de 0-20 cm de profondeur sous jachère et forêt primaire : Transect 1.

PI Jachère	215.85	183.64	68.91
PII Jachère	218.66	185.37	70.14
PIII Jachère	185.20	171.56	69.34
PIV Jachère	184.28	167.53	41.40
PV Jachère	204.30	183.70	70.71
PI Forêt Prim	187.30	172.00	40.70
PII Forêt Prim	211.44	181.23	70.94
PIII Forêt Prim	217.99	210.13	69.28
PIV Forêt Prim	200.36	170.16	68.93
PV Forêt Prim	211.81	187.76	69.11

4. Données de base de l'humidité équivalente dans la tranche de 20-40 cm de profondeur sous jachère et forêt primaire : Transect 1.

Occupation sol	Poids frais éch (g)	Poids sec éch (g)	Poids cylindre (g)
PI Jachère	184.36	152.15	37.54
PII Jachère	224.83	186.68	70.06
PIII Jachère	184.81	162.48	41.46
PIV Jachère	223.60	186.42	69.46
PV Jachère	212.85	185.26	69.74
PI Forêt Prim	212.63	180.27	69.85
PII Forêt Prim	213.69	185.35	69.13
PIII Forêt Prim	218.70	183.80	69.64
PIV Forêt Prim	210.74	188.43	69.84
PV Forêt Prim	230.20	200.16	69.32

5. Données de base de l'humidité équivalente dans la tranche de 20-40 cm de profondeur sous jachère et forêt primaire : Transect 2.

Occupation sol	Poids frais éch (g)	Poids sec éch (g)	Poids cylindre (g)
PI Jachère	218.30	184.79	71.17
PII Jachère	185.40	164.66	71.60
PIII Jachère	210.07	184.79	69.78
PIV Jachère	209.54	185.20	69.55
PV Jachère	191.37	187.69	69.08
PI Forêt Prim	182.72	173.76	70.88
PII Forêt Prim	223.42	211.70	68.84
PIII Forêt Prim	223.25	200.91	71.31
PIV Forêt Prim	191.37	167.03	70.05
PV Forêt Prim	212.72	187.69	68.96

ANNEXE 4. Evolution journalière de la température du sol.

1. Evolution journalière de la température du sol (en °C) sous jachère et forêt primaire dans la tranche de 0- 30 cm de profondeur : Transect 1.

Occupation sol	Avant Midi (7h)	Midi (12h)	Après Midi (17h)	Moyenne journalière
PI Jachère	24.2	28.1	28.3	26.7
PII Jachère	24.3	27.4	30.2	27.3
PIII Jachère	24.2	27.1	28.0	26.4
PIV Jachère	24.0	26.3	26.2	25.4
PV Jachère	23.5	25.2	26.1	24.9
PI Forêt Prim	24.0	26.0	26.4	25.4
PII Forêt Prim	22.1	24.0	24.4	23.5
PIII Forêt Prim	23.2	23.4	24.4	23.6
PIV Forêt Prim	23.3	24.1	25.0	24.1
PV Forêt Prim	23.3	24.0	25.0	24.1

2. Evolution journalière de la température du sol (en °C) sous jachère et forêt primaire dans la tranche de 0- 30 cm de profondeur : Transect 2.

Occupation sol	Avant Midi (7h)	Midi (12h)	Après Midi (17h)	Moyenne journalière
PI Jachère	25	26.0	26.2	25.7
PII Jachère	25.2	26.3	27.1	26.2
PIII Jachère	24.4	25.4	26.4	25.4
PIV Jachère	24.0	26.0	26.1	25.9
PV Jachère	25.0	26.4	26.0	25.6
PI Forêt Prim	24.01	24.1	25.4	24.6
PII Forêt Prim	24.2	24.2	25.0	24.5
PIII Forêt Prim	24.1	24.2	25.1	24.4
PIV Forêt Prim	24.1	24.2	25.1	24.4
PV Forêt Prim	24.1	24.2	24.5	24.2

## ANNEXES 5. Espèces végétales dominantes sous forêt et jachères de la zone d'étude.

1. Espèces végétales dominantes dans les zones intérieures et de lisières de deux séries d'occupation du sol (Jachère et forêt primaire : Transect 1.

I. Intérieur jachère	II. Lisière Jachère
01. <i>Rauwolfia vomitoria</i>	01. <i>Standtia stipitata</i>
02. <i>Ananas comosus</i>	02. <i>Ricinedendron heudolotii</i> subsp <i>africanum</i>
03. <i>Persea Americana</i>	03. <i>Albizia gummifera</i>
04. <i>Saccharum officinarum</i>	04. <i>Combretedendrom macrocartum</i>
05. <i>Pteridium aquilinum</i>	05. <i>Persea Americana</i>
06. <i>Themeda jugateus</i>	06. <i>Pteridium aquilinum</i>
07. <i>Paspalum virgatum</i>	07. <i>Saccharum officinarum</i>
08. <i>Dichapetalum mumbuttense</i>	08. <i>Costus afer</i>
09. <i>Ageratum conyzoides</i>	09. <i>Haumania leonardiana</i>
10. <i>Manihot esculenta</i>	10. <i>Urena lobata</i>
<b>III. Intérieur forêt.</b>	<b>IV. Lisière forêt.</b>
01. <i>Macaranga monandra</i>	01. <i>Macaranga monandra</i>
02. <i>Pycnatus angolensis</i>	02. <i>Canlocoba schweinfurthii</i>
03. <i>Scorodophloeus zenkeri</i>	03. <i>Pycnatus angoleis</i>
04. <i>Albizia gummifera</i>	04. <i>Macaranga lancefolia</i>
05. <i>Pericopsis elata</i>	05. <i>Tabernaemontana crassa</i>
06. <i>Pterocarpus soyauxii</i>	06. <i>Myrianthus arboreus</i>
07. <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	07. <i>Palisota ambigua</i>
08. <i>Annodium manii</i>	08. <i>Haumania leonardiana</i>
09. <i>Combretum lokele</i>	09. <i>Afromomum sanguineum</i>
10. <i>Treculia africana</i>	10. <i>Carapa procera</i>

2. Espèces végétales dominantes dans les zones intérieures et de lisières de deux séries d'occupation du sol (Jachère et forêt primaire : Transect 2.

<b>I. Intérieur jachère</b>	<b>II. Lisière Jachère</b>
01. <i>Rauwolfia vomitoria</i>	01. <i>Manihot esculenta</i>
02. <i>Ananas comosus</i>	02. <i>Ricinedendron heudolotii</i> subsp
03. <i>Persea Americana</i>	<i>africanum</i>
04. <i>Saccharum officinarum</i>	03. <i>Musa sp</i>
05. <i>Dichapetalum mumbuttense</i>	04. <i>Combretedendrom macrocartum</i>
06. <i>Themeda jugateus</i>	05. <i>Sida acuta</i>
07. <i>Caripa papaya</i>	06. <i>Pteridium aquilinum</i>
08. <i>Combretum lokele</i>	07. <i>Saccharum officinarum</i>
09. <i>Riciodendron heudolotii</i> subsp	08. <i>Costus afer</i>
<i>africanum</i>	09. <i>Musanga cecropioides</i>
10. <i>Morinda lucida</i>	10. <i>Urena lobata</i>
<b>III. Intérieur forêt.</b>	<b>IV. Lisière forêt.</b>
01. <i>Macaranga monandra</i>	01. <i>Macaranga monandra</i>
02. <i>Pycnatus angolensis</i>	02. <i>Canlocoba schweinfurthii</i>
03. <i>Scorodophloeus zenkeri</i>	03. <i>Trema orientalis</i>
04. <i>Albizia gummifera</i>	04. <i>Macaranga lancefolia</i>
05. <i>Pericopsis elata</i>	05. <i>Tabernaemontana crassa</i>
06. <i>Pterocarpus soyauxii</i>	06. <i>Trilepisium madagascariensis</i>
07. <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	07. <i>Palisota ambigua</i>
08. <i>Annodium manii</i>	08. <i>Haumania leonardiana</i>
09. <i>Combretum lokele</i>	09. <i>Rauwolfia vomitoria</i>
10. <i>Treculia africana</i>	10. <i>Carapa procera</i>