

**UNIVERSITE DE KISANGANI**  
**Faculté des Sciences**

**Département d'Ecologie et Gestion des  
Ressources Animales et Végétales**



**ETUDE DE L'EFFET DE LISIERE SUR LE MICROCLIMAT  
THERMIQUE D'UN ECOSYSTEME FORESTIER DE LA  
CUVETTE CENTRALE CONGOLAISE**  
(Cas de la réserve forestière « Jardin Systématique »  
de l'INERA Yangambi)

**Par**

**Ir. Joseph LITUCHA BAKOKOLA MAKEU**

**Mémoire**

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

Promoteur : **Pr. Jan BOAGAERT (ULB)**

Co – Promoteur: **Pr. DHED'A DJAILO (UNIKIS)**

**ANNEE ACADEMIQUE : 2006 -2007.**

## RESUME

En R.D. Congo, les activités humaines fragmentent les écosystèmes forestiers, créent des nouveaux types d'occupation de sol (jachère, champ) et autour d'eux des lisières. Celles-ci contribuent à la modification de certains processus ou facteurs écologiques tel que microclimat thermique.

Partant de cette considération, durant 6 mois, des relevés journaliers des températures minima et maxima ont été effectués au moyen des thermomètres placés tous les 16 mètres le long des transects reliant forêt et jachère, pour mettre en évidence l'effet de la lisière sur la température à l'échelle de la réserve forestière « jardin systématique » de Yangambi.

Des observations réalisées, il se dégage que par rapport à la matrice forestière (23,8°C), la lisière augmente la température moyenne mensuelle (24,2°C), par contre, comparativement à la jachère (25,0°C), elle l'atténue (24,5°C). Par ailleurs, la longueur de la lisière est étroitement liée à la variation de la température le long de transects.

Mots clés : Lisière, types d'occupation de sol, microclimat thermique, jardin systématique.

## ABSTRACT

In Democratic Republic of Congo, the human activities fragment the forestry ecosystems, create new land cover (fallow land, fields) and around them the edge. The ones contribute to the modification of certain processes or ecologic factors such as thermic microclimate.

Parting from this consideration, during six months, the daily elevate the minima and maxima temperature had been effectuated by mean of thermometers placed all the 16 meters along the tow transects joining forest and fallow land to put in evidence the edge effect on the temperature in the scale of forestry reserve of "systematic garden" of Yangambi.

It resorts from the study realised that comparatively to the forest matrix (23,8°C), the edge increase the mensual temperature (24,2°C). In the other land cover, it attenuates (24,5°C) in relation to the fallow land (25°C). However, the length of the edge is strictly linked to the medium variation temperature, along the transect.

Key words: Edge, land cover, thermic microclimate, systematic garden.

## AVANT – PROPOS

Au terme de ce travail de troisième cycle, qu'il nous soit permis de remercier tous ceux qui de près ou de loin, ont rendu possible sa réalisation.

Nos sentiments de profonde gratitude vont à l'endroit des Professeurs Jan BOGAERT de l'ULB, promoteur et Benoit DHED'A DJAILO de l'UNIKIS, co-promoteur de ce mémoire. C'est grâce à leurs directives, remarques, observations et critiques pertinentes que ce travail a sa valeur scientifique actuelle.

Nos remerciements s'adressent aux autorités de l'IFA/ Yangambi, à la CTB, à la Direction de Centre de Recherche de l'INERA Yangambi, pour nous avoir facilité les études et la réalisation de notre recherche.

Merci également à notre famille, aux collègues de promotion du D.E.A, et aux collègues de service de l'IFA, aux amis et connaissances pour l'encouragement et le soutien divers.

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Températures maxima, minima et amplitude thermique en station climatologique et en forêt à 1.5 mètres du sol.....	10
Tableau 2: Les principales espèces végétales identifiées le long du transects traversant les types d'occupations de sol.....	34
Tableau 3 : Température minima ( $T_{S_{min}}$ °C), maxima ( $T_{S_{max}}$ °C), moyennes ( $T_m$ °C) et amplitude thermique (A.T.°C) dans les deux types d'occupation de sol (forêt et jachère). ....	40
Tableau 4. Comparaison de la forêt et jachère en fonction des températures minima (°C). ...	44
Tableau 5. Comparaison de la forêt et de la jachère sur base de températures maxima (en °C). ....	45
Tableau 6. Comparaison de types d'occupation de sol forêt et jachère sur base de températures moyennes (en °C). ....	45
Tableau 7. Comparaison de types d'occupation de sol, forêt et jachère sur base de l'amplitude thermique. ....	46
Tableau 8 : Comparaison des moyennes de température mensuelles (°C).....	50
Tableau 9 : Comparaison des moyennes mensuelles des températures maxima (°C).....	51
Tableau 10 : Résumé de l'ANOVA de la température maximum mensuelle .....	53
Tableau 11 : Comparaison des moyennes mensuelles d'amplitude thermique (°C) .....	55
Tableau 12: Corrélation entre longueur de types d'occupation (emplacement des thermomètres) et la température (°C). ....	57

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation approximative de site d'étude sur image satellitaire (source : google2008) .....	18
Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la région de Yangambi de 1997-2006 (source : Station climatologique de l'INERA/Yangambi).....	20
Figure 3 : Une vue de la végétation à l'intérieur de la forêt. (source : photo LITUCHA).....	22
Figure 5 : Une vue de la végétation dans la jachère (source : photo LITUCHA). .....	23
Figure 6 : Une vue de la végétation dans la lisière de la jachère (source : photo LITUCHA). 23	
Figure 7 : Abri des thermomètres (source : photo LITUCHA). .....	26
Figure 8 : Disposition des thermomètres sous abri (source : photo LITUCHA).....	27
Figure 9 : Opérations de mise en station des thermomètres (source : photo LITUCHA).....	27
Figure 10 : Evolution de températures minima entre le 1er et 6è mois dans les types d'occupation (forêt et jachère) .....	42
Figure 11 : Evolution des températures maxima entre le 1er et le 6è mois d'observation dans les deux types d'occupation de sol (forêt et jachère).....	43
Figure 12 : Evolution des températures moyennes entre le 1er et le 6è mois d'observation dans les deux types d'occupation de sol (forêt et jachère) .....	42
Figure 13 : Evolution de l'amplitude thermique entre le 1 <sup>er</sup> et le 6è mois d'observation dans les 2 types d'occupation de sol (forêt et jachère).....	44
Figure 14 : Gradient thermique le long de transect 1.....	46
Figure 15 : Gradient thermique le long de transect 2.....	47
Figure 16 : Variation des températures moyennes mensuelles minima durant le semestre....	49
Figure 17 : Variation des températures moyennes mensuelles maxima .....	51
Figure 18 : Variation des températures moyennes mensuelles.....	1
Figure 19 : Variation de l'amplitude thermique moyenne mensuelle.....	55
Figure 20: Droite de régression linéaire entre la température et l'emplacement des thermomètres le long de transect 1 en forêt.....	58
Figure 21: Droite de régression linéaire entre la température et l'emplacement des thermomètres le long de transect 2 en forêt .....	58
Figure 22 : Droite de régression linéaire entre la température et l'emplacement des thermomètres le long de transect 1 dans la zone des lisières (forêt et jachère)...	59
Figure 23 : Droite de régression linéaire entre la température et l'emplacement des thermomètres le long de transect 2 dans la zone des lisières (forêt et jachère).....	60

## TABLE DES MATIERES

RESUME

ABSTRACT

AVANT – PROPOS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION .....	1
1. CONTEXTE GENERAL ET PROBLEMATIQUE.....	1
2. OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	2
2.1. <i>Objectif général.</i> .....	2
2.2. <i>Objectifs spécifiques.</i> .....	2
3. HYPOTHESE DE L'ETUDE.....	2
4. INTERET DE L'ETUDE.....	2
5. SUBDIVISION DU TRAVAIL.....	3
CHAPITRE I : ETAT DE CONNAISSANCES SUR LA LISIERE, MICROCLIMAT ET L'INFLUENCE DE LA VEGETATION SUR LE CLIMAT.....	4
1.1. NOTIONS DE LISIERE.....	4
1.1.1. <i>Définitions.</i> .....	4
1.1.2. <i>Fragmentation de l'habitat et dynamiques de lisière.</i> .....	5
1.1.3. <i>Effet de lisière.</i> .....	5
1.2. LES NOTIONS DE MICROCLIMAT.....	7
1.2.1. <i>Définitions.</i> .....	7
1.2.2. <i>Importance de l'étude de microclimat.</i> .....	8
1.3. INFLUENCE EXERCEE PAR LA FORMATION VEGETALE SUR LE CLIMAT DU MILIEU.....	8
1.3.1. Microclimat en forêt.....	8
1.3.1.1. <i>Radiation solaire et lumière.</i> .....	9
1.3.1.2. <i>Température de l'air.</i> .....	10
1.3.1.3. <i>Vent.</i> .....	11
1.3.1.4. <i>Humidité de l'air.</i> .....	11
1.3.1.5. <i>Température du sol</i> .....	12

1.3.2. Microclimat des champs cultivés et des formations herbacées.....	12
1.4. CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	13
<b>1.4.1. Changements climatiques à l'échelle planétaire.</b> .....	13
1.4.2. <i>Changement climatique et forêts.</i> .....	14
1.4.3. <i>Impact actuel et à venir de la variabilité et du changement climatique sur</i> <i>l'agriculture.</i> .....	15
CHAPITRE II : MILIEU, MATERIEL ET METHODES.....	17
2.1. MILIEU D'ETUDE.....	17
2.1.1. <i>Période et localisation géographique.</i> .....	17
2.1.2. <i>Historique du milieu d'étude.</i> .....	18
2.1.3. <i>Climat, sol et végétation.</i> .....	19
<b>2.1.3.1. Climat.</b> .....	19
<b>2.1.3.2. Sol.</b> .....	20
<b>2.1.3.3. Végétation.</b> .....	21
<b>2.1.3.4. Activités humaines.</b> .....	24
2.2. MATERIEL.....	24
2.3. METHODES.....	24
2.3.1. <i>Prospection du site d'étude.</i> .....	24
2.3.2. <i>Choix de types d'occupation.</i> .....	25
2.3.3. <i>Traçage des transects.</i> .....	25
<b>2.3.4. Construction des abris pour thermomètres.</b> .....	26
2.3.5. <i>Placement des thermomètres.</i> .....	26
2.3.6. <i>Mise en station des thermomètres.</i> .....	27
2.3.7. <i>Récolte des données.</i> .....	28
<b>2.3.7.1. Identification des espèces végétales.</b> .....	28
<b>2.3.7.2. Estimation de la hauteur des groupements végétaux.</b> .....	28
<b>2.3.7.3. Température.</b> .....	29
2.3.8. <i>Traitement des données.</i> .....	29
<b>2.3.8.1 Espèces végétales.</b> .....	29
<b>2.3.8.2. Température.</b> .....	29



1.3.2. Microclimat des champs cultivés et des formations herbacées.....	12
1.4. CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	13
<b>1.4.1. Changements climatiques à l'échelle planétaire.</b> .....	13
1.4.2. <i>Changement climatique et forêts.</i> .....	14
1.4.3. <i>Impact actuel et à venir de la variabilité et du changement climatique sur l'agriculture.</i> .....	15
CHAPITRE II : MILIEU, MATERIEL ET METHODES.....	17
2.1. MILIEU D'ETUDE.....	17
2.1.1. <i>Période et localisation géographique.</i> .....	17
2.1.2. <i>Historique du milieu d'étude.</i> .....	18
2.1.3. <i>Climat, sol et végétation.</i> .....	19
<b>2.1.3.1. Climat.</b> .....	19
<b>2.1.3.2. Sol.</b> .....	20
<b>2.1.3.3. Végétation.</b> .....	21
<b>2.1.3.4. Activités humaines.</b> .....	24
2.2. MATERIEL. ....	24
2.3. METHODES.....	24
2.3.1. <i>Prospection du site d'étude.</i> .....	24
2.3.2. <i>Choix de types d'occupation.</i> .....	25
2.3.3. <i>Traçage des transects.</i> .....	25
<b>2.3.4. Construction des abris pour thermomètres.</b> .....	26
2.3.5. <i>Placement des thermomètres.</i> .....	26
2.3.6. <i>Mise en station des thermomètres.</i> .....	27
2.3.7. <i>Récolte des données.</i> .....	28
<b>2.3.7.1. Identification des espèces végétales.</b> .....	28
<b>2.3.7.2. Estimation de la hauteur des groupements végétaux.</b> .....	28
<b>2.3.7.3. Température.</b> .....	29
2.3.8. <i>Traitement des données.</i> .....	29
<b>2.3.8.1 Espèces végétales.</b> .....	29
<b>2.3.8.2. Température.</b> .....	29

## INTRODUCTION

### I. CONTEXTE GENERAL ET PROBLEMATIQUE.

Dans les forêts tropicales, la déforestation, principalement due à l'agriculture itinérante a atteint selon la FAO (1990), un rythme annuel de 15.4 millions d'hectares entre 1981 et 1990 et continuera à s'accélérer dans l'avenir prévisible (MYERS, 1991).

En République Démocratique du Congo, nombreux sont les écosystèmes forestiers qui subissent actuellement une pression anthropique sans précédent. Parmi les activités humaines, on cite principalement l'exploitation forestière et l'agriculture. On estime à 6%, soit 13.973.189 hectares, la superficie du territoire national occupée par l'agriculture. Il est probable qu'en zone forestière, les surfaces cultivées augmentent proportionnellement à la démographie (CIFOR *et al*, 2007).

L'action anthropique en fragmentant les écosystèmes, crée des différents types d'occupation de sols qui se distinguent entre eux par des microclimats spécifiques du fait de la variabilité du type, de la structure et de la densité du peuplement de la végétation qui les colonise.

Les influences exercées par les formations végétales sur le climat local sont des faits d'observations courantes (PAVARI, 1962 ; DAYOZ, 1975). Cependant, pour la plupart des écosystèmes forestiers congolais, on ne dispose pas des données sur l'intensité des modifications de la température à l'échelle de microclimat et consécutives à leur anthropisation, faute des recherches appropriées en Ecologie du Paysage. C'est le cas pour la réserve forestière « jardin systématique » de l'I.N.E.R.A à Yangambi. L'actuelle étude se propose d'amorcer ce genre de recherche pour combler cette lacune.

## **2. OBJECTIFS DE L'ETUDE.**

### ***2.1. Objectif général.***

L'objectif général de cette étude est de recueillir et de disponibiliser les données de base relatives à l'effet de la lisière sur le microclimat thermique à l'échelle de la réserve forestière de jardin systématique de Yangambi.

### ***2.2. Objectifs spécifiques.***

Cette étude se propose comme objectifs spécifique de :

- Evaluer sur le plan microclimatique, les variations journalières, mensuelles et semestrielles dans les différents types d'occupation (noyau forestier, jachère) ;
- Mettre en évidence les zones de lisière ou interfaces et à travers elles, les interactions entre forêt et jachère, types de formation végétale rencontrés et étudiés dans la concession de la réserve « jardin systématique » de Yangambi.

## **3. HYPOTHESE DE L'ETUDE.**

A l'échelle de la réserve forestière « jardin systématique » de Yangambi, en lisière, zone de transition et de contact, il régnerait une température différente de celles qui prévalent dans les types d'occupation de sol voisins ou adjacents (forêt et jachère) entre lesquels elle est comprise.

## **4. INTERET DE L'ETUDE.**

Les renseignements recueillis au cours de notre étude serviront des données de base :

- Pour les études futures de l'incidence biologique des modifications microclimatiques sur certains processus écologiques tels que régénération, croissance des plantes, et recyclages des éléments nutritifs ;
- Pour une prise de la décision rationnelle en matière des interventions sylvicoles et d'aménagement des écosystèmes ;
- Dans l'argumentaire de la sensibilisation de la population pour une gestion durable des écosystèmes forestiers et sur le phénomène de changement climatique.

## 5. SUBDIVISION DU TRAVAIL

Outre l'introduction, le présent travail comporte trois chapitres. Le premier présente l'état des connaissances sur la lisière, le microclimat et l'influence de la végétation sur le milieu. Le deuxième chapitre est consacré aux milieux, matériels et méthodes. Le troisième traite des résultats et discussions. Une conclusion et quelques suggestions clôturent l'étude.

# CHAPITRE I : ETAT DE CONNAISSANCES SUR LA LISIERE, LE MICROCLIMAT ET L'INFLUENCE DE LA VEGETATION SUR LE CLIMAT.

## I.1. NOTIONS DE LISIERE.

### 1.1.1. Définitions.

Les définitions de la lisière sont nombreuses. De manière simple, le dictionnaire LAROUSSE (1975) la considère comme bord, partie extrême d'un terrain, limite, frontière d'une région ou végétation, arbres qui croissent sur la limite d'un terrain. D'après DAYOZ (1975), la lisière est un écotone ou une zone de transition. Cependant, certains écologues du paysage précisent que la lisière est l'une des trois formes de l'écotone (ANONYME, S.D, [www.fao.org](http://www.fao.org), dernière entrée le 30/01/2008).

RICKLEFS et MILLER (2005) affirment que les écotones sont présents aux frontières physiques ou aux endroits où les formes de croissances dominantes changent. Ainsi considèrent-ils que toute interface entre populations ou entre écosystèmes peut être vue comme un écotone. Par ailleurs, selon BUREL et BAUDRY (2003), les lisières peuvent être perçues comme des discontinuités ou comme des gradients marqués.

Dans le cas de notre étude, le concept lisière sous entend une interface entre les types d'occupations de sol, en d'autres termes, une zone écologique mitoyenne à conditions microclimatiques particulières résultant des interactions des microclimats des types d'occupation de sol contigus.

### **1.1.2. Fragmentation de l'habitat et dynamiques de lisière.**

La fragmentation est un phénomène caractérisé par une diminution de la surface totale d'un habitat et son éclatement ou plus ou moins par une rupture de la continuité (BUREL et BAUDRY, 2003). Elle peut conduire à la modification de l'occupation de sol et de l'utilisation de terre. L'occupation de sol (land cover) a été définie par TUMER II et MEYER (BAMBA, 2006) comme une description de l'état physique des terres, de la surface de sol (types de végétation, présence d'eau, de roches).

La fragmentation des habitats par l'agriculture, la sylviculture, et d'autres activités humaines perturbent les continuités écologiques et accroissent l'importance des écotones nets. Une fragmentation répétée des habitats induit une perte de croissance de surface de noyau forestier par rapport à la lisière de la forêt. La forme de la forêt affecte également le rapport lisière surface (RICKLEFS et MILLER, 2005).

La lisière peut mesurer quelques mètres seulement dans le cas de biocénoses peu étendues (lisières forestières, zones marécageuses situées entre un étang et les formations terrestres environnantes) ou plusieurs dizaines de kilomètres dans le cas des grands biomes, telle la zone située entre la forêt et la savane.

### **1.1.3. Effet de lisière.**

Plusieurs études ont mis en évidence l'effet de la lisière sur le microclimat et la biodiversité. PAVARI (1962) indique que les bords de la forêt présentent des conditions spéciales qui peuvent être appelées « microclimats de lisière » et qui peuvent avoir une importance sur les terrains agricoles limitrophes. Ce microclimat de lisière diffère des microclimats interne et externe par le fait qu'il présente un écart de température plus marqué dû à la réflexion. Les expériences faites dans les pineraies de Cecina et Migliarino et dans le forteto ont montré, par comparaison avec la température extérieure, une augmentation des maximums estivaux de 1°C dans les pineraies et d'environ 2°C dans le forteto.

Dans le cas des oiseaux, FERRY et FROCHOT (DAYOZ, 1974), ont remarqué dans les forêts de chêne de Boulogne où on distingue des parcelles occupées par une vieille futaie âgée de 200 ans, des parcelles occupées par une futaie jeune et des parcelles de régénération (où une partie d'arbres a été enlevée) qui constituent un écotone qui réunit les caractères de la vieille futaie et de la jeune futaie, l'effet de la lisière sur la composition spécifique de la faune. La vieille futaie héberge 26 espèces d'oiseaux nicheurs, la jeune futaie 21 espèces et la zone de régénération 39 espèces.

ROBBINS *et al* (RICKLEFS et MILLER, 2005) ont trouvé que certaines espèces d'oiseaux, tels que la pie grièche, préfèrent les habitats de lisière, tandis que d'autres, tels que les pics, vivent en priorité dans les zones internes de forêts.

Le plus souvent, la faune est plus riche en individus et en espèces dans les écotones que dans biocénoses voisines. Cette richesse en espèces des zones de lisière est due en particulier à un rapprochement dans l'espace des niches écologiques et d'habitats variés (DAYOZ, 1975). Par ailleurs, l'augmentation relative des lisières, résultant de la fragmentation, peut modifier la composition spécifique des communautés locales (RICKLEFS et MILLER, 2005). Lorsque la taille des taches diminue, l'effet de lisière s'accroît et favorise les espèces dites communes au détriment des espèces spécialisées (PULLIAM, 1986).

Sur le plan agricole, les diverses observations de MULLER et BILDERLING (1953), portant sur 94 lisières, ont montré qu'elles réduisent les rendements de certaines cultures telle que celle de maïs sur une distance de 30 m, elles exercent une action bienfaisante par contre sur la surface comprise entre 30 et 60 m.

Afin de concilier, dans la mesure du possible, les exigences écologiques et culturelles, il est recommandé, lors de l'ouverture des champs vivriers en forêt, d'adopter les couloirs Est – Ouest, larges de 100 m et bordés de part et d'autre d'une bande de 20 m dégarnie de ses grands arbres. Ceci porte à 140 m la bande entre deux lisières forestières. Cette disposition permet de réduire l'influence de l'ombrage sur les rendements cultureux et favorise la recolonisation naturelle.

En ce qui concerne la jachère forestière, il a été remarqué une influence très marquée dans les 20 premiers mètres des lisières forestières sur la recolonisation naturelle. Les relevés portant sur 96 lisières montrent que la fréquence et la vigueur des pionniers décroissent au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la bande forestière. MULLER et BILDERLING (1953), établissent les chiffres ci – dessous :

	à 10 m de la lisière	à 30m de la lisière
Fréquence	115	80
Vigueur moyenne (cm)	130	60
Hauteur maximum (cm)	150	80

## 1.2. LES NOTIONS DE MICROCLIMAT.

### 1.2.1. Définitions.

CHEN *et al* (1999) définissent le microclimat comme une série des conditions climatiques mesurées dans les régions ou localités situées près de la surface de la terre. Ces conditions concernent la température, la lumière, le vent et l'humidité. Selon DAYOZ (1975), le microclimat ou éco climat correspond au climat à l'échelle et au niveau de l'organisme.

L'étude de microclimat, contrairement au macroclimat (climat régional, résultant de la situation géographique et orographique) et au méso climat (climat local), met en évidence l'importance du milieu. Certains éléments du microclimat ne sont que peu ou pas connus soit parce que leur rôle reste encore obscur, soit en raison du manque d'appareils de mesure convenables (DAYOZ, 1975).

Pour notre étude, le vocable microclimat aura le sens de la première définition, c'est-à-dire le climat à l'échelle locale correspondant dans le cas d'espèce au type d'occupation de sol. En ce qui concerne la température, nous l'appelons microclimat thermique.



### **1.2.2. Importance de l'étude de microclimat.**

Traditionnellement, les scientifiques ont utilisé les informations relatives au microclimat pour expliquer le comportement, la distribution, le développement ainsi que les mouvements des organismes dans les systèmes naturels. Les processus écologiques majeurs comme la production, la minéralisation, la vitesse d'expansion ou le développement des maladies, d'insectes et les perturbations naturelles sont directement contrôlés ou empiriquement en rapport avec les conditions microclimatiques. Cette importance du microclimat dans l'influence des processus écologiques est devenue une composante essentielle de la recherche écologique courante (PERRY, 1994, WARING et RUNNIG, 1998).

L'information microclimatique est par conséquent vitale sur le champ d'études théoriques modelant les exercices et la gestion de prise de décision. En outre, la dynamique ainsi que le degré de relation ou rapport entre microclimat et physionomie du paysage doivent être pris en compte dans les plans d'aménagement et de conservation (CHEN *et al.*, 1999).

## **1.3. INFLUENCE EXERCEE PAR LA FORMATION VEGETALE SUR LE CLIMAT DU MILIEU**

### **1.3.1. Microclimat en forêt.**

La forêt exerce son influence grâce aux couronnes des arbres qui forment des couvertures, des écrans ou des barrières de densité variable. Ainsi, les influences s'étendent au-delà de la forêt, à la frange de faible largeur qui la borde. La forêt agit sur la radiation solaire, la lumière, facteurs plus ou moins liés ainsi que sur le vent, l'humidité de l'air et la température du sol (KITTEDGE, 1962).

### **1.3.1.1. Radiation solaire et lumière.**

Le microclimat forestier est caractérisé par la modification de la lumière qui pénètre sous le couvert des arbres (DAYOZ, 1975). Ce dernier filtre la lumière qui pénètre dans la forêt et la modifie dans sa composition par des phénomènes de transmission, d'absorption et de réflexion. Sous les feuillus, la lumière est semble-t-il, appauvrie en rayons bleu et violet et enrichie dans les bandes du vert et du rouge (MAUDOU, 1953).

Quand on mesure la radiation lumineuse sous les couronnes des arbres, à la surface ou près du sol, on remarque des différences de radiation notables pour des variations dans le temps et dans l'espace. A un autre extrême, lorsque la lumière solaire passe une ouverture entre les couronnes (trouée), l'intensité peut être de 100% de ce qu'elle est en terrain découvert. De l'autre côté, à un autre extrême sous le couvert dense de deux ou trois étages, l'intensité peut s'abaisser jusqu'à moins de 1% de celle en terrain découvert (KITREDGE, 1962).

EVANS signale que l'intensité lumineuse varie, sous ombrage dense de 0.5 à 1% au cours d'une journée. Que le soleil soit caché ou non, l'éclairement relatif est toujours inférieur à 1% à l'ombre dans le sous étage. De manière générale, l'éclairement peut varier de 0.5 à 1%. A Yangambi, dans une bande de forêt de 15 mètres de largeur, avec le sous bois entièrement coupé jusqu'à une hauteur de 5 à 10 mètres, l'éclairement relatif varie de 0.6 à 9% (MAUDOU, 1953).

Dans les zones qui bordent les forêts, la radiation et la lumière sont intermédiaires entre celles qui pénètrent dans la forêt et celles qui se trouvent en plein découvert et varient avec la distance qui les séparent de la forêt. Ainsi, l'influence de la forêt ne s'étend que rarement au-delà de deux à trois fois la hauteur des arbres et seulement pour des périodes courtes (KITREDGE, 1962). Lorsque le facteur lumière est modifié, d'autres facteurs tels que température et humidité atmosphérique sont concomitamment modifiés (MAUDOU, 1952).

### 1.3.1.2. Température de l'air.

Les températures diurnes et les maxima de l'air varient avec le couvert forestier dans le même sens que la radiation solaire ; le sol étant en effet, la principale source de chaleur pour l'air autant que pour la couche superficielle du sol d'où s'élèvent les courants de convection d'air chaud. De la même façon, la température nocturne minimum de l'air dépend directement de l'importance de la radiation émise par la végétation et le sol.

Si on définit la température moyenne comme la moyenne des maxima et des minima, on ne peut pas mettre en évidence l'influence de la forêt, car les arbres abaissent les maxima tout autant qu'ils élèvent les minima. Chaque fois qu'on peut les connaître, il vaut mieux se fier aux températures maxima et minima pour juger de l'influence de la forêt sur la température de l'eau (KITREDGE, 1962).

La forêt dense, comme toute forêt exerce un pouvoir tampon vis-à-vis de la température. Elle atténue les pointes thermiques diurnes et nocturnes par rapport au terrain nu, en abaissant sensiblement les maxima et relevant dans une mesure plus faible les minima. Le tableau 1 donne, à titre exemplatif, quelques chiffres repris d'observations effectuées de mi-février à la fin avril dans une forêt hétérogène de Yangambi en 1952.

**Tableau 1 : Températures maxima, minima et amplitude thermique en station climatologique et en forêt à 1.5 mètres du sol.**

Poste climatologique	Km 5	Forêt
Températures (°C)		
Moyennes maxima	30.6	27.3
Moyennes minima	19.9	20.6
Amplitudes journalières moyennes	10.8	6.7

Source : MAUDOU (1953).

### 1.3.1.2. Température de l'air.

Les températures diurnes et les maxima de l'air varient avec le couvert forestier dans le même sens que la radiation solaire ; le sol étant en effet, la principale source de chaleur pour l'air autant que pour la couche superficielle du sol d'où s'élèvent les courants de convection d'air chaud. De la même façon, la température nocturne minimum de l'air dépend directement de l'importance de la radiation émise par la végétation et le sol.

Si on définit la température moyenne comme la moyenne des maxima et des minima, on ne peut pas mettre en évidence l'influence de la forêt, car les arbres abaissent les maxima tout autant qu'ils élèvent les minima. Chaque fois qu'on peut les connaître, il vaut mieux se fier aux températures maxima et minima pour juger de l'influence de la forêt sur la température de l'eau (KITTEDGE, 1962).

La forêt dense, comme toute forêt exerce un pouvoir tampon vis-à-vis de la température. Elle atténue les pointes thermiques diurnes et nocturnes par rapport au terrain nu, en abaissant sensiblement les maxima et relevant dans une mesure plus faible les minima. Le tableau 1 donne, à titre exemplatif, quelques chiffres repris d'observations effectuées de mi-février à la fin avril dans une forêt hétérogène de Yangambi en 1952.

**Tableau 1 : Températures maxima, minima et amplitude thermique en station climatologique et en forêt à 1.5 mètres du sol.**

Poste climatologique	Km 5	Forêt
Températures (°C)		
Moyennes maxima	30.6	27.3
Moyennes minima	19.9	20.6
Amplitudes journalières moyennes	10.8	6.7

Source : MAUDOU (1953).

### **1.3.1.3. Vent.**

La réduction de la vitesse du vent en forêt est proportionnelle à la densité, au développement et à l'homogénéité ou à l'hétérogénéité du peuplement. Selon PAVARI (1962), le type de forêt n'intervient pas de façon significative. Encore faut-il remarquer que les peuplements d'essences à feuilles caduques ont une action beaucoup moindre lorsqu'ils sont dépouillés que lorsqu'ils sont en feuilles, et que, d'autre part, une éclaircie dans l'étage dominant indépendamment de son influence sur le mouvement de l'air, a d'autres effets plus ou moins marqués.

Un de ces effets principaux est l'augmentation de l'évaporation et, par conséquent, une action desséchante dans les climats chauds et secs. Mais, dans les climats froids, le résultat est une augmentation des écarts de température et en particulier un abaissement de température

### **1.3.1.4. Humidité de l'air.**

En forêt, la teneur de l'air en gaz carbonique est toujours légèrement plus élevée qu'en plein champ. L'humidité relative est grande surtout pendant la nuit. Les précipitations n'interviennent que pour une faible part dans le maintien de cette humidité car les couronnes des arbres interceptent une bonne partie de la pluie (les deux tiers de pluie faible et au moins un cinquième de pluie d'orage dans une forêt résineuse avec beaucoup plus de feuilles). C'est surtout la réduction de l'évaporation liée en partie à la diminution de la vitesse de vent, qui explique le maintien d'une humidité relative élevée (DAYOZ, 1975).

Au Nigeria, EVANS (MAUDOU, 1953), en saison sèche, a mesuré en moyenne des minima d'humidité relative, de 60 à 62% dans les cimes et de 66 à 69% dans les sous étages. Par contre en saison humide, les valeurs trouvées étaient respectivement de 64 à 65% et de 87 à 90%. L'humidité relative minimum était de 6 à 8% plus élevée dans le sous étage que dans les cimes pendant la saison sèche, mais l'écart atteint de 20 à 25% d'humidité relative pendant la saison humide.

### **1.3.1.5. Température du sol**

L'influence de la forêt sur l'abaissement de la température maximum de sol procède en partie de l'ombrage dû aux couronnes et en partie de l'isolation thermique par la couverture morte.

En étudiant l'effet de l'ombrage et de la couverture morte de *Pinus strobius* sur les moyennes journalières des températures maximums à la surface de sol dans le NEW HAMPSHIRE, aux Etats-Unis, TOURNEY et NEETHING (KITREDGE, 1962) ont constaté que l'ombrage a eu plus d'effet que la couverture morte sur la réduction des températures. L'effet des deux facteurs réunis a produit un abaissement de 24°C. Dans l'ombre, la couverture épaisse de 30 mm a baissé la température de six degrés par comparaison avec le sol découvert, sous la couverture, l'ombre a abaissé la température de dix degré par rapport à une trouée ensoleillée.

### **1.3.2. Microclimat des champs cultivés et des formations herbacées.**

En résumé, le microclimat des champs cultivés et des formations herbacées est caractérisé par des grandes variations de température suivant le niveau et l'heure. Il est aussi caractérisé par sa grande humidité, la réduction de la vitesse du vent, par la composition spectrale de la lumière riche en infrarouges et pauvre en radiations rouge et bleue (DAYOZ, 1975).

## 1.4. CHANGEMENT CLIMATIQUE.

### 1.4.1. *Changements climatiques à l'échelle planétaire.*

Les informations scientifiques sur le réchauffement de la planète de plus en plus nombreuses, prouvent à suffisance que le changement climatique est de nos jours devenu un des plus graves problèmes pour l'environnement. Il semble que depuis un certain temps, les activités de l'homme accélèrent le réchauffement du climat mondial.

Selon la FAO (1990), il existe à l'heure actuelle des fortes présomptions, sinon encore des preuves irréfutables que cela est en train de se produire. Une augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> a été constatée depuis 1850. Ce phénomène s'accompagne d'une hausse de température de 0,5°C, dont les causes sont naturelles ou anthropiques.

Le groupe de travail interdépartemental sur le changement climatique de la FAO (ANONYME a, S.D, [www.fao.org](http://www.fao.org), dernière entrée le 12/02/2008), affirme que durant les 100 dernières années (1906 -2005), la température moyenne a augmenté d'environ 0,74°C. Les 50 dernières années représentent le demi - siècle le plus chaud de 1300 dernières années.

La température moyenne mondiale augmente de 1,5 à 4,5°C quand le taux de dioxyde de carbone double. Cependant, un tel accroissement n'a encore jamais été observé dans la nature (CIESCLA, SD, [www.fao.org](http://www.fao.org), dernière entrée le 31/01/2008). POLLARD (1985), prévoit qu'en 2065, la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère aura doublée par rapport à ce qu'elle était avant la révolution industrielle. Cette augmentation provoquera probablement des changements climatiques tant à l'échelon régional que mondial. Il estime qu'il pourrait y avoir un réchauffement de la température de 2 à 5°C. Des accroissements de l'ordre de 3 – 4°C de température annuelle et la diminution simultanée de 10 à 20% des précipitations sont prévus en Afrique du Nord et du Sud - ouest (ANONYME b, S.D, [www.fao.org](http://www.fao.org), la dernière entrée le 12/02/2008 ).

Par ailleurs, le Centre canadien de Météorologie prévoit une augmentation de 3,5°C de la température mondiale, 3,8% d'évaporation et des précipitations. Pour bien d'essences, de telles variations dépassent de loin la fourchette optimale de température et de l'humidité (MACLVER, 1981).

BERGONZINI (2004), affirme que la température moyenne peut s'élever de 6°C d'ici 2100. Cependant, il n'en sera pas ainsi sur l'ensemble de la planète. Les zones émergées seront plus touchées que les océans et les latitudes septentrionales plus affectées que l'équateur. Les zones arides subtropicales s'étendront vers le Nord. Entre les 35<sup>e</sup> et 70<sup>e</sup> parallèle Nord, les précipitations seront plus importantes. Bref, on peut imaginer un glissement des zones climatiques vers le Nord.

Tout porte à croire que la variabilité climatique (soit la variation d'un jour à l'autre ou d'une année à l'autre) va augmenter et entraîner une intensification des épisodes pluvieux, des sécheresses et des vagues de chaleurs. Or, selon toutes vraisemblances, ces changements entraîneront à leur tour une intensification de l'érosion des sols, de la sédimentation au fond des cours d'eau et des incendies en milieu naturel.

A long terme (soit une décennie ou plus), les changements climatiques associés à la hausse des températures et au changement de la configuration des précipitations et des fluctuations saisonnières, devraient entraîner des changements au niveau des écosystèmes, des pêches, de la productivité des habitats sauvages, des forêts et des parcours, ainsi que des débits des cours d'eau (ANONYME b, S.D, [www.fao.org](http://www.fao.org), dernière entrée 12/02/2008).

#### **1.4.2. Changement climatique et forêts.**

Le changement climatique et les forêts sont indissociablement liés. D'une part, le changement serait responsable de nombreuses crises de ravageurs forestiers, du déplacement des forêts, mais aussi de plus longues périodes d'incendies et de l'altération de la variété des espèces forestières (ANONYME c, S.D, [www.fao.org](http://www.fao.org), dernière entrée, 12/02/2008). D'autre part, les forêts lorsqu'elles sont détruites, surexploitées ou incendiées, augmentent les émissions de gaz carbonique et par conséquent contribuent à l'augmentation de la température à l'échelle locale et mondiale.



Par ailleurs, les forêts et le bois qu'elles produisent piègent et stockent le dioxyde de carbone, jouant un rôle essentiel dans l'atténuation du changement climatique (ANONYME c, S.D, [www.fao.org](http://www.fao.org), dernière entrée, 12/02/2008 c). Les changements climatiques que risque de provoquer l'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> et autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère peuvent, selon MACLVER (S.D, [www.fao.org](http://www.fao.org), dernière entrée le 31/01/2008), avoir un impact à la fois positif et négatif sur les forêts. Ils peuvent provoquer :

- un déplacement des peuplements naturels de certaines essences et de certains types de forêts vers les latitudes polaires ;
- le déplacement d'un peuplement spécifique qui pourrait lui permettre d'occuper de superficies plus importantes cependant, ce déplacement pourrait se faire vers des zones de moindre qualité de sol au risque de réduire la capacité de croissance de l'arbre et d'augmenter sa vulnérabilité aux ravageurs ;
- la croissance de certains arbres pourrait être stimulée par l'élévation des températures et de l'humidité ;
- risque d'exposer les arbres à des nouvelles contraintes et accroître leur vulnérabilité aux insectes et aux maladies.

#### **1.4.3. Impact actuel et à venir de la variabilité et du changement climatique sur l'agriculture.**

1° Impact actuel (ANONYME d, S.D [www.fao.org](http://www.fao.org), dernière entrée le 12/02/2008).

Les effets nuisibles de réchauffement de la planète sur les agriculteurs ont déjà été enregistrés. On a noté que :

- Plus de 11 millions de personnes en Ethiopie, à Djibouti, en Somali et au Kenya risquent d'être affamées, suite aux récentes sécheresses ;
- Les pluies sporadiques lors de la saison des pluies de 2004 – 2005 ont causé de sérieuses pénuries en eau dans les récoltes céréalières de Zimbabwe, du Malawi, d'Angola et du Mozambique ;
- Les pluies inférieures à la normale saisonnière qui sont tombées en décembre 2004 ont causé de graves sécheresses dans les régions méridionales du Brésil, qui ont fortement nui aux cultures du maïs et de graines de soja.

2° Impact potentiel (ANONYME e, S.D, [www.fao.org](http://www.fao.org), dernière entrée le 12/02/2008).

Les changements climatiques projetés auront un impact différent selon les zones géographiques sur la production agricole. Selon la FAO, dans le monde en développement, les changements climatiques entraîneraient une expansion des terres arides et des terres à déficit hydrique. En Afrique par exemple, un billion d'hectares de terre ont un cycle végétatif inférieur à 120 jours. Les changements climatiques entraîneraient d'ici 2080 une expansion de ces terres de 5 à 8 pour cent, leur superficie passant de 50 millions d'hectares environ à 90 millions d'hectares.

Le monde en développement enregistrerait une diminution de 11% de terres pluviales cultivables, c'est -à- dire non irriguées qui seront perdues et 65 pays en développement, perdront quelque 280 millions de tonnes de production céréalière potentielle du fait des changements climatiques.

Dans le cas de l'Asie, l'impact des changements climatiques est mitigé : L'Inde perdrait 125 millions de tonnes, soit 18% de sa production céréalière pluviale, tandis que le potentiel de production céréalière pluviale de la Chine ( $360 \cdot 10^6$  tonnes), augmenterait de 15%. Pour les pays industrialisés, les possibilités d'expansion de terres arables et du potentiel de production céréalière ne pourront découler de l'utilisation de « nouvelles terres » en altitude.

## CHAPITRE II : MILIEU, MATERIEL ET METHODES.

### 2.1. MILIEU D'ETUDE.

#### 2.1.1. Période et localisation géographique.

L'étude s'est réalisée du 15 mars au 15 septembre 2007, dans la réserve forestière de l'Institut National d'Etudes et de la Recherche Agronomiques « I N E R A », communément appelée « jardin systématique » de Yangambi. La raison qui a milité en faveur de choix de notre site d'étude a été sa proximité par rapport aux habitations de l'Institut Facultaire des Sciences Agronomiques « I.F.A. » à Yangambi. Ceci permettait d'éviter de longs déplacements à l'observateur et d'assurer le gardiennage des thermomètres installés. De plus, il s'agit d'une forêt anthropisée à historique bien connue.

Le « jardin systématique » de Yangambi est situé sur le plateau Isalowe à plus ou moins 95 Km de la ville de Kisangani. Les coordonnées géographiques du quadrilatère dans lequel nous avons circonscris la réserve forestière sont les suivantes :

- latitude Nord : 0°46'22.1'' ; 0°46'26.1'' ; 0°46'12.0'' ; 0°46'09.1''
- longitude Est : 24°30'29.5'' ; 24°30'22.4'' ; 24°30'17.8'' ; 24°30'24.1''
- altitude moyenne : 470m.

Les principales limites de notre site étaient les suivantes :

- champs et jachères allant jusqu'au village Yakako au Nord ;
- concession de l'I F A Yangambi au Sud ;
- route Kisangani – Yangambi à l'Est ;
- versant de la vallée du ruisseau Isalowe à l'Ouest.

La localisation approximative de notre site d'étude sur la carte de la R.D.Congo est faite dans la figure 1.



Figure 1 : Localisation approximative de site d'étude sur image satellitaire  
(source : google2008)

### **2.1.2. Historique du milieu d'étude.**

Lors de sa conception à l'époque de l'Institut National d'Etudes Agronomiques du Congo « I.N.E.A.C », il était stipulé que le jardin systématique ne pourrait contenir que des plantes du Congo – Belge et du Rwanda – Urundi. Chaque genre végétal devrait être représenté par quatre espèces. Il y aurait donc approximativement 6000 espèces à introduire.

L'ordre de succession des travaux se résume comme ci-dessous :

- 1949 : Prospection d'un bloc de 600 hectares
- 1953 : Délimitation de 60 hectares constituant le jardin
- 1954 : Ouverture de la première partie de 11 hectares
- De 1955 à 1956 : Récolte des espèces locales à introduire
- 1957 : Plantation des espèces introduite et aménagement
- 1958 : Etude et plan de la deuxième partie, piquetage de la route.

Les travaux furent arrêtés à l'accession du pays à l'indépendance. En 1975, on a commencé à distribuer des lopins de terre aux agents de l'I F A et de l'I.N.E.R.A pour des fins agricoles. A partir de cette année là, débuta l'élimination progressive de la forêt à telle enseigne qu'il n'en reste actuellement qu'un noyau d'une dizaine d'hectares.

### **2.1.3. Climat, sol et végétation.**

#### **2.1.3.1. Climat.**

Le climat standard ou régional est celui de Yangambi, le quel appartient au type Af de la classification de KOPPEN et à la classe B de THORNTHWAITE (A : climat tropical dont la température moyenne du mois le plus froid est supérieure à 18°C ; f : la hauteur mensuelle des précipitations du mois le plus sec est supérieur à 60mm). Ce climat a été brièvement décrit par BERNARD (1945), DELEENHER et al (1952) et SAPIN (1959).

La pluviosité de Yangambi atteint une moyenne saisonnière de 678mm et 1691mm pour les totaux annuels. Pour la nébulosité, la moyenne saisonnière est de 68%.

Les températures moyennes sont nettement estivales : 24,3°C. L'humidité relative moyenne (à 12 heures) est d'environ 75%.

La figure 2 ci – dessous représente les moyennes de l'évolution de la température et de précipitation du climat standard pendant la période de nos observations (mars – septembre 2007).

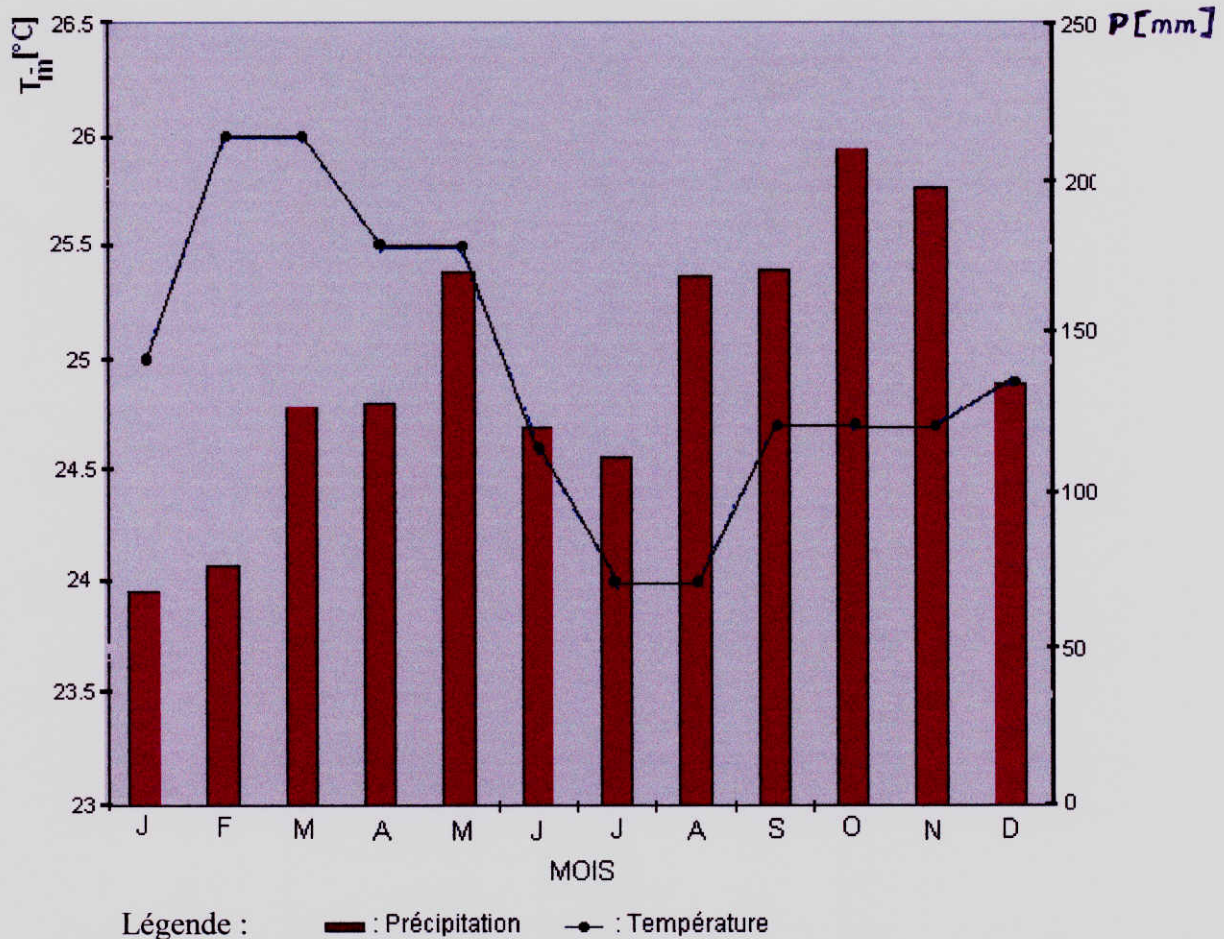


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la région de Yangambi de 1997-2006 (source : Station climatologique de l'INERA/Yangambi).

### 2.1.3.2. Sol.

Le sol de notre site d'étude se classe parmi les sols des plateaux de Yangambi, formés au départ du sédiment éolien, composés en majeure partie de sables quartzeux, d'argile kaolinitique et d'oxydes de fer libres plus ou moins hydratés (GILSON et al., 1957).

Ses grandes caractéristiques pédologiques selon DE LEENHEER et al. (1952); VAN VAMBEKE et al. (1957) sont les suivantes :

- une couleur acre -jaune brunâtre ;
- une structure pulvérulente en surface, finement granuleuse ensuite pour devenir granuleuse en profondeur ;
- une texture avec 20 à 30% d'argile, le profil est du type sablo - argileux, plus léger en surface qu'en profondeur.

Ce sol appartient à la série Yakonde ou Y2 (sols situés à mi-pente)

### 2.1.3.3. Végétation.

Au point de vue phytogéographique, Yangambi fait partie du secteur forestier central de la région guinéenne (GERMAIN et EVRARD, 1954). La végétation de Yangambi selon KOMBELE (2004), est répartie en deux groupes principaux : le premier est celui des types de végétation non modifiés et le second, celui de types de végétation modifiés ou anthropisés.

Les types de végétation non modifiés se subdivisent en types non modifiés de terre ferme, des vallées du fleuve et de ses tributaires. Dans les types de végétation modifiés se rangent les recrûs forestiers, la parasoleraie, les forêts secondaires remaniées et les groupements artificiels. Il s'agit donc des groupements de reconstitution.

La végétation de notre site d'étude fait partie des types modifiés. Elle est en partie une forêt subnaturelle (matrice forestière) du moins la partie qui se trouve dans l'étendue de la réserve forestière où était pratiqué jadis l'aménagement forestier. Tout autour de la matrice forestière, se trouvent une forêt secondaire jeune (lisière forestière), une friche préforestière (lisière jachère) et une friche herbeuse (jachère).

Dans la matrice forestière, on trouve principalement les espèces des familles des *Annonaceae* (*Annonidium manii*), *Caesalpiniaceae* (*Azelia bella*, *Oxystigma oxyphyllum*, *Scorophleus zenkeri*), *Fabaceae* (*Pericopsis elata*, *Pterocarpus soyauxii*), *Myristicaceae* (*Pycnanthus angolensis*), *Pandaceae* (*Panda oleosa*), *Moraceae* (*Musanga cercopioïdes*, *Bosqueia angolensis*), *Commelinaceae* (*Palisota sp*), ...



Figure 3 : Une vue de la végétation à l'intérieur de la forêt. (source : photo LITUCHA).

La lisière de la forêt se caractérise par les espèces des familles suivantes : *Annonaceae* (*A. manii*), *Caesalpiaceae* (*S. zenkeri*), *Combretaceae* (*Combretum macrocarpum*), *Euphorbiaceae* (*Ricinodendron heudelotii*, *Manniophytum fulvum*), *Maranthaceae* (*Hypselodelphys scandens*, *Megaphrynium macrostachyum*), ...



Figure 4 : Une vue de la végétation dans la lisière de la forêt (source : photo LITUCHA).



Dans la jachère ainsi qu'en sa lisière, on trouve les espèces herbacées et de régénération appartenant aux familles des *Poaceae* (*Paspalum variegatum*, *Themeda giganteus*), *Zingiberaceae* (*Aframomum sanguineum*), *Flacourtiaceae* (*Caloncoba sp.*), *Euphorbiaceae* (*Macaranga sp.*), *Apocynaceae* (*Rauwolfia vomitoria*).



Figure 5 : Une vue de la végétation dans la jachère (source : photo LITUCHA).



Figure 6 : Une vue de la végétation dans la lisière de la jachère (source : photo LITUCHA).

#### **2.1.3.4. Activités humaines.**

Dans la concession de la réserve forestière « jardin systématique » les principales activités exercées par l'homme sont :

- l'agriculture, tout autour du noyau forestier ;
- feux de brousse saisonniers (préférentiellement entre janvier et mars) ;
- ramassage des chenilles dans le noyau forestier (de juin à septembre) ;
- chasse de petits gibiers,
- prélèvement des produits forestiers non ligneux (médicaments, légumes sauvages, fruits d'arbres divers, miel).

## **2.2. MATERIEL.**

Pour la réalisation de notre étude, nous nous sommes servis de différents matériels. Le ruban métrique a servi au mesurage de la longueur des transects. Les machettes ont été utilisées pour dégager les layons, couper les sticks, les lianes et construire les abris. La boussole a servi à la détermination des directions magnétiques. Les jalons ont permis d'indiquer les alignements des transects. Les thermomètres à maxima et à minima ont été utilisés pour le prélèvement journalier des températures. Le GPS a servi à relever les coordonnées géographiques. Le cadre rectangulaire a permis d'estimer la hauteur des arbres.

## **2.3. METHODES.**

### **2.3.1. Prospection du site d'étude.**

Avant de débiter l'étude proprement dite, nous avons parcouru dans toutes les directions le site choisi. L'objectif poursuivi au cours de cette étape de travail était de recueillir les renseignements généraux sur les limites, étendues, formes et nombre d'unités fonctionnelles ou types d'occupation de sol rencontrés dans le site d'étude.

### **2.3.2. Choix de types d'occupation.**

Nous avons choisi deux types d'occupation de sol sur base des formations végétales qui les colonisent, à savoir la forêt et la jachère. Le noyau forestier considéré était un peuplement composé d'arbres, d'arbustes (*Ricinodendron heudelotii*, *Scorodophleus zenkeri*, *Pericopsis elata*, *Gilbertiodendron dewevrii* etc.) et des monocotylés (*Palisota schweinfurthii*, *Palisota ambigua*, *Haumania leonardiana*, *Manniophytum fulvum* etc).

La jachère était colonisée principalement par les espèces arbustives (*Musanga smithii*, *Caloncoba welwitschii*, *Trema orientalis*, *Rauwolfia vomitoria*, *Macaranga monandra*...) et herbacées (*Paspalum variegatum*, *Pteridium aquilium*, *Tehameda giganteus*, *Ananas comosus*, *Ageratum conyzoides* etc).

### **2.3.3. Traçage des transects.**

Au total nous avons tracé trois transects : un, selon la direction Est-ouest et deux, dans le sens Nord-sud. Le transect orienté de l'Est à l'Ouest, long de 540 mètres a été considéré comme transect de base.

Le traçage du transect s'est effectué comme suit : à partir d'un point extrême choisi dans la zone jachère, nous avons ouvert un layon de base de 1,50 m de largeur pour atteindre l'autre côté extrême dans la jachère également en traversant la zone forêt. Nous nous servions de la boussole et des jalons pour nous indiquer la direction choisie. A partir du point de départ de chaque transect, nous procédions à la matérialisation des emplacements à l'aide des piquets de 1 mètre de haut pour déterminer la longueur totale du layon.

Le premier transect Nord-sud, long de 680 mètres dont 520 mètres sous forêt et 160 mètres sous jachère et le second de 704 mètres, mesurait 544 mètres sous forêt et 160 mètres sous jachère. Les deux transects étaient équidistants de 200 mètres. Le premier transect était tracé à 90 mètres par rapport à la limite de la forêt perpendiculairement au transect de base orienté dans la direction Est – Ouest.

### **2.3.4. Construction des abris pour thermomètres.**

Nous avons construit des abris genre indien pour protéger les appareils de mesure. Ce sont des toits en matériau végétal à deux pans surbaissés et orientés suivant la direction Est-Ouest. Les abris étaient construits dans la partie jachère et mesuraient 2 m de haut de façon à soustraire les thermomètres de l'action directe de la radiation solaire à tous les moments de la journée. Ouverts sur les côtés, ils permettaient une bonne ventilation des instruments de mesure.



Figure 7 : Abri des thermomètres (source : photo LITUCHA).

### **2.3.5. Placement des thermomètres.**

Sous abri, à 1,50 m du sol, les thermomètres étaient placés dans des fourches de deux sticks opposés. A chaque emplacement, les thermomètres étaient disposés de façon à ce que celui à minima soit au-dessus de celui à maxima. Il convient de noter qu'en forêt, les thermomètres étaient placés directement aux pieds des arbres.



Figure 8 : Disposition des thermomètres sous abri (source : photo LITUCHA).

### 2.3.6. Mise en station des thermomètres.

La mise en station des appareils de température s'effectuait chaque jour entre 6 et 7 heures pour les thermomètres à maxima et entre 17 et 18 heures pour les thermomètres à minima. Cette opération se réalisait comme suit :

- 1° Remettre l'index émaillé dans le réservoir ;
- 2° Fronder le thermomètre ;
- 3° Relever l'index émaillé à l'extrémité de la colonne d'alcool ;
- 4° Placer le thermomètre dans les fourches.



Figure 9 : Opérations de mise en station des thermomètres (source : photo LITUCHA).

### **2.3.7. Récolte des données.**

#### **2.3.7.1. Identification des espèces végétales.**

L'identification des espèces végétales rencontrées dans les types d'occupation de sol considérés pour notre étude a été faite en recourant à l'expertise des services botanique et foresterie de l'I.N.E.R.A Yangambi. Le long de chaque transect Nord-sud, à 10 m de part et d'autre, les différentes espèces végétales rencontrées ont été identifiées sur le terrain même à l'aide des clés de détermination et d'un ancien plan d'aménagement de la réserve. Au cas où cela n'était pas possible, les échantillons constitués d'organes des plantes (feuilles, petites branches, écorce...) étaient amenés à l'herbarium de l'INERA Yangambi pour les identifier.

#### **2.3.7.2. Estimation de la hauteur des groupements végétaux.**

L'estimation de la hauteur des arbres et arbustes a été faite en recourant à la méthode « de Croix de bûcheron » (PONNETTE, communication personnelle). Cette méthode se réalise comme décrit dans les lignes qui suivent.

- 1° Se placer à une certaine distance de l'arbre à mesurer puis se déplacer vers l'arbre jusqu'au point où on voit son sommet.
- 2° Placer à ce point le cadre du triangle (équilatéral pour notre cas) à une certaine hauteur du sol (1 m pour notre cas). Il se forme une sorte de grand triangle équilatéral dont les côtés sont constitués de la distance qui sépare les points où se trouve le cadre, ainsi que du tronc de l'arbre et l'hypoténuse allant du sommet de l'arbre jusqu'à la pointe de celle de cadre.
- 3° Faire ou établir les rapports des côtés. Le cadre étant un triangle équilatéral, mesurer simplement sur le plan horizontal, la distance qui sépare le point où se trouve placé le cadre et le pied de l'arbre : elle correspond à sa hauteur approximative.

### 2.3.7.3. *Température.*

Le prélèvement de la température s'effectuait journallement, les minima le matin (entre 6 heures et 7 heures) et les maxima le soir (entre 17 heures et 18 heures).

### 2.3.8. *Traitement des données.*

#### 2.3.8.1 *Espèces végétales.*

Les espèces végétales inventoriées ont été groupées par stratification ou sur base de structure verticale par types d'occupation de sol considérés (LEMEE, 1978).

#### 2.3.8.2. *Température.*

Pour chaque période considérée (jour, mois, semestre), nous avons calculé les moyennes des températures minima, maxima et de deux ainsi que celles de l'amplitude thermique. Les températures moyennes journalières, mensuelles et semestrielles étaient calculées en appliquant les relations reprises dans les équations 1, 2, 3, 4, 5. Les moyennes mobiles des températures ont été calculées en considérant un ordre de la moyenne égal à 3.

#### 1° *Température moyenne journalière (minima ou maxima).*

$$T_{\bar{J}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{température}^*}{n} \quad (1)$$

$T_{\bar{J}}$  = Température moyenne journalière (°C) ;

$n$  = 20 thermomètres (à maxima ou à minima) ;

\* : température minima ou maxima.

**2° Température moyenne mensuelle (minima ou maxima).**

$$T_{\bar{m}} = \frac{\sum_{j=1}^n T_{\bar{j}}}{n} \quad (2)$$

$T_{\bar{m}}$  = température moyenne mensuelle (°C) ;

$T_{\bar{j}}$  = température moyenne journalière ;

$n$  = nombre de jours du mois considéré.

**3° Température moyenne semestrielle (minima ou maxima).**

$$T_{\bar{S}} = \frac{\sum_{j=1}^n T_{\bar{j}}}{n} \quad (3)$$

$T_{\bar{S}}$  = Température moyenne semestrielle (°C) ;

$T_{\bar{j}}$  = température moyenne mensuelle ;

$n$  = 6 mois.

**4° Température moyenne périodique.**

$$T(^{\circ}C) = \frac{T(\bar{J}_{\min}, \bar{m}_{\min}, \bar{S}_{\min}) + T(\bar{J}_{\max}, \bar{m}_{\max}, \bar{S}_{\max})}{2} \quad (4)$$

$T$  : Température moyenne (°C)

$T_{\bar{J}_{\min}}$  : Température journalière minimale

$T_{\bar{m}_{\min}}$  : Température mensuelle minimale

$T_{\bar{S}_{\min}}$  : Température semestrielle minimale



$T \bar{J}_{\max}$  : Température journalière maximale

$T \bar{m}_{\max}$  : Température mensuelle maximale

$T \bar{S}_{\max}$  : Température semestrielle maximale

### 5° Amplitude thermique périodique.

$$A.T (\text{°C}) = T(\bar{J}_{\max}, \bar{m}_{\max}, \bar{S}_{\max}) - T(\bar{J}_{\min}, \bar{m}_{\min}, \bar{S}_{\min}) \quad (5)$$

A.T = Amplitude thermique (°C)

T : Température moyenne (°C)

$T \bar{J}_{\min}$  : Température journalière minimale

$T \bar{m}_{\min}$  : Température mensuelle minimale

$T \bar{S}_{\min}$  : Température semestrielle minimale

$T \bar{J}_{\max}$  : Température journalière maximale

$T \bar{m}_{\max}$  : Température mensuelle maximale

$T \bar{S}_{\max}$  : Température semestrielle maximale

### 6° Moyennes mobiles

$$\bar{X}_{m_n} = \frac{X_{n-1} + X_n + X_{n+1}}{3} \quad (6)$$

$\bar{X}_{m_n}$  : Moyenne mobile centrée en  $n$ ème position

$X_{n-1}$  : Moyenne arithmétique précédente

$X_n$  : Moyenne arithmétique centrale

$X_{n+1}$  : Moyenne arithmétique suivante

3 : Ordre de la moyenne

### 7° Gradient thermique.

Le gradient de thermique a été établi à partir des moyennes des températures semestrielles et a permis de mettre en évidence les zones de lisière (changement d'allure de courbes). Les indices de changement de la température le long des transects ont été calculés en appliquant les relations (7) et (8) ci – dessous :

$$\text{- Lisière forêt : } \frac{(a_n - b_n)}{r_n} \quad (7)$$

$$\text{- Lisière jachère : } \frac{b_n - c_n}{s_n} \quad (8)$$

a = température de l'intérieur de deuxième type d'occupation (jachère).

b = température de la lisière de deuxième type d'occupation (jachère)

r = longueur de la lisière de premier type d'occupation de sol (forêt).

c = température de la lisière de premier type d'occupation de sol (lisière forêt)

s = longueur de la lisière du deuxième type d'occupation de sol (jachère).

n = numéro de transect (1, 2).

## **CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION.**

Les résultats enregistrés durant les six mois d'observation sont présentés et discutés aux sous points 3.1, 3.2, 3.3 et 3.4. Les données générées à partir de ces résultats sont reprises et interprétées au sous point 3.5.

### **3.1. INVENTAIRE DES GROUPEMENTS VEGETAUX.**

Les principales espèces végétales identifiées le long de 2 transects sont reprises dans le tableau 2.

Tableau 2: Les principales espèces végétales identifiées le long du transect traversant les types d'occupations de sol

Type d'occupation de sol	Etage		
	Supérieur (> 25 m)	Intermédiaire (de 15m à 25 m)	Inférieur (<15 m)
Forêt	- <i>Azelia bella</i>	- <i>Annonidium manii</i>	- <i>Aidia micrantha</i>
	- <i>Pericopsis elata</i>	- <i>Trilepisium madagascariensis</i>	- <i>Afromomum sanguineum</i>
	- <i>Trilepisium madagascariensis</i>	- <i>Drypetes grossweiliri</i>	- <i>Cola brunelii</i>
	- <i>Canarium schwinfurthii</i>	- <i>Chrysophyllum africanum</i>	- <i>Costus afer</i>
	- <i>Celtis breyei</i>	- <i>Cola lateritia</i>	- <i>Drypetes ituriens</i>
	- <i>Cola laterriatia</i>	- <i>Chrysophellum africanum</i>	- <i>Elaeis guinensis</i>
	- <i>Nauclea diderrichii</i>	- <i>Guarea cedrata</i>	- <i>Eremospatha haullevilleana</i>
	- <i>Piptadeniastrum africanum</i>	- <i>Guarea clarentii</i>	- <i>Haumania leonardiana</i>
	- <i>Polyathia suaveolens</i>	- <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	- <i>Macaranga laurentii</i>
	- <i>Pycnanthus angolensis</i>	- <i>Musanga cercopioides</i>	- <i>Macaranga monandra</i>
	- <i>Scoroclopleus zenkeri</i>	- <i>Panda oleosa</i>	- <i>Maniophytum fuluum</i>
	- <i>Strombosia grandifolia</i>	- <i>Oxystigma oxyphyllum</i>	- <i>Megaphrynium macrostachyum</i>
	- <i>Oxystigma oxyphyllum</i>		- <i>Palisota ambigua</i>
			- <i>Palisota schweinfurthii</i>

## « Tableau 2 : suite »

Lisière forêt

- *Albizia adianthifolia*
- *Annonidium manii*
- *Canarium schwinfurthii*
- *Chrysophyllum africanum*
- *Combretum macrocarpum*
- *Guarea cedrata*
- *Panda oleosa*
- *Pycnanthus angolensis*
- *Ricinodendron heudelotii*
- *Scorodophleus zenkeri*
- *Treculia africana*
- *Aidia micrantha*
- *Afromomum sanguineum*
- *Caloncoba welwitshi*
- *Carapa procera*
- *Cola brunelii*
- *Eremospatha haullevilleana*
- *Hypselodelphys scandens*
- *Haumania leonardiana*
- *Macaranga spinosa*
- *Manniophytum fulvum*
- *Musanga cecropioides*
- *Myrianthus arboreus*
- *Palisota ambigua*
- *Parinari excelsa*
- *Rauwolfia vomitoria*

## « Tableau 2 : suite »

Lisière  
jachère

- *Aidia micrantha*
- *Afromomum sanguinum*
- *Carapa procera*
- *Caloncoba welwitshii*
- *Haumania leonardiana*
- *Macaranga monondra*
- *Milletia drastica*
- *Morinda lucida*
- *Macaranga laurentii*
- *Milletia drastica*
- *Musanga cecropoides*
- *Musanga smithii*
- *Myrianthus arboreus*
- *Palisota ambigua*
- *Persea americana*
- *Psidium goyava*
- *Trema orientalis*

## « Tableau 2 : suite »

Jachère

- *Ageratum conyzoides*
  - *Ananas comosus*
  - *Alchornia cordifolia*
  - *Carapa procera*
  - *Dichapitalum mobutense*
  - *Elaeis guinensis*
  - *Hymenocardia ulmoides*
  - *Manihot esculenta*
  - *Musa*
  - *Paspalum variegatum*
  - *Persea americana*
  - *Psidium goyava*
  - *Pteridium aquilinum*
  - *Rauwolfia vomitoria*
  - *Themeda giganteus*
  - *Trema orientalis*
-

En examinant la liste des espèces reprises au tableau 2, nous notons de manière générale que la composition des groupements végétaux varie de la forêt vers la jachère. Cette situation s'explique par le degré ou la fréquence de l'intervention de l'homme sur chaque type d'occupation : très faible en forêt, faible en lisière, relativement fréquent et élevé en jachère et sa lisière (feux de brousse saisonniers, défrichage à répétition).

L'impact de l'action humaine conformément à son intensité, le changement structurel et microclimatique des anciennes ou nouvelles stations ainsi créées, favorisent, par voie de conséquence, le maintien ou la disparition des espèces autochtones, le développement des espèces adventices et de régénération ou de jachère préforestière.

En ce qui concerne la structure verticale, dans le cas de notre étude, nous remarquons selon les données consignées le tableau 2 que la forêt comporte trois étages, sa lisière en a deux contre un seul pour la jachère et sa bordure. En forêt, on trouve d'essences d'étage sous – dominant constitué de quelques espèces ombrophiles (*Gambeya lacourtiana*, *Guarea cedrata*, *Panda oleosa*, *Cola lateritia*), tolérantes (*Drypetes grossweileri*, *Oxystigma oxysphyllum*). L'étage dominé comporte d'espèces arbustives (*Aidia micrantha*, *Costus afer*, *Drypetes ituriens*) et herbacées (*Afromomum sanguineum*, *Haumania leonardiana*, *Megaphrynium macrostachum*, *Palisota sp.*).

Nous remarquons, dans la lisière forêt, l'absence de grands arbres (exploitables : diamètre > 50 cm). L'affirmation selon laquelle la mortalité des arbres et en particulier des grands arbres est plus élevée à proximité des lisières (sans préciser la raison) faite par LAURENCE (1999) corrobore notre observation. Comme justification, nous pensons pour le cas de la réserve forestière « jardin Systématique » de Yangambi à l'abattage des arbres effectué par l'homme lors de l'ouverture de terrain pour l'agriculture auquel s'ajoute l'action de vents, consécutive à la mise en découvert de la bordure du manteau forestier.

En lisière de la forêt, nous observons des arbres de l'étage dominant (*Gaurea laurentii*, *Musanga cercopioïdes*, *Pycnathus angolensis*), héliophytes plus ou moins facultatifs (*Macaranga spinosa*, *Milletia laurentii*, *Fagara macrophylla*) et des arbustes héliophytes obligés (*Caloncoba sp.*). Dans la jachère et sa lisière, nous notons la présence des espèces ligneuses de la régénération telles que *Caloncoba welwitsihii*, *Hymenocardia ulmoides*, *Rauwolfia vomitoria*, *Trema orientalis* et herbacées notamment *Afromomum*



*sanguineum, Haumania leonardiana, Palisota ambigua, Paspalum variegatum, Pteridium aquilinum, Themeda giganteus, ...*

En comparant les groupements végétaux des matrice et lisière, il se dégage que l'effet de lisière, avec la diminution de la taille des fragments de zone d'occupation de sol, comme l'avaient déjà constaté CLERGEAU et DESIRE (1999) a favorisé les espèces végétales communes au détriment des espèces spécialisées. Dans notre cas, les écotones correspondent aux endroits où les formes de croissances dominantes changent comme l'ont affirmé RICKLEFS et MILLER (2005).

En nous basant sur quelques critères (hauteur, diamètre des arbres et arbustes, espèces caractéristiques) établis par le Service Permanent d'Inventaire et d'Aménagement Forestiers (MABIALA *et al*, 1980), il ressort pour notre site d'étude que la matrice forestière est une forêt secondaire adulte, sa lisière est un recru forestier (forêt secondaire jeune), tandis que la jachère et sa bordure sont une friche préforestière ou une régénération.

### 3.2. MICROCLIMAT THERMIQUE EN FORET ET JACHERE

La comparaison des données en rapport avec les températures minima, maxima, moyennes et l'amplitude thermique enregistrées durant les six mois des observations sont reprises dans le tableau 3 et leur évolution représentée dans les figures 10, 11, 12 et 13 qui suivent.

**Tableau 3 : Température minima ( $T_{S_{min}}$  °C), maxima ( $T_{S_{max}}$  °C), moyennes ( $T_m$  °C) et amplitude thermique (A.T. °C) dans les deux types d'occupation de sol (forêt et jachère).**

Elément	Type d'occupation	Transect		Moyenne 2 transects
		1	2	
$T_{S_{min}}$	Forêt	20,9	21,1	21,0
	Jachère	20,5	20,3	20,4
$T_{S_{max}}$	Forêt	26,5	26,6	26,6
	Jachère	28,1	29,0	28,6
$T_m$	Forêt	23,8	23,9	23,9
	Jachère	24,3	24,6	24,5
A.T.	Forêt	5,6	5,9	5,6
	Jachère	7,5	8,9	8,2

En examinant les résultats consignés dans le tableau 3, il se dégage de manière générale que les températures minima, maxima, moyennes et l'amplitude thermique ont varié en fonction de type d'occupation de sol. Les variations paraissent assez faibles entre les transects dans chaque type d'occupation de sol qu'entre forêt et jachère.

Les températures minima, contrairement aux maxima sont plus élevées en forêt qu'en jachère. Cette situation explique le fait qu'en forêt, la température moyenne ainsi que les écarts entre le minimum et le maximum thermique sont faibles comparativement à ceux enregistrés en jachère.

Les différences de microclimat thermique entre forêt et jachère s'expliquent par l'action physique et physiologique (dans une moindre mesure), variable selon la stratification, la densité, les espèces végétales qu'exerce chaque groupement végétal colonisant chacun de deux types d'occupation de sol sur les facteurs qui influencent la température atmosphérique (lumière, humidité atmosphérique, gaz carbonique, vent, ...).

Nos observations concordent avec celles faites par KITTREDE (1962), MACLVER (1981) en ce qui concerne le pouvoir tampon exercé par la forêt sur la température locale ; elle élève le minimum et baisse le maximum thermique. Des variations thermiques atténuées comme dans notre cas (5,6 contre 8,2°C) ont été également observées par CACHAN (1963) en forêt e Banco en Côte d'Ivoire (5,1°C).

### **3.2.1. Evolution des températures minima, maxima, moyennes et amplitude thermique**

La tendance générale des composantes de la température dans les deux types d'occupation est schématisée dans les figures 10, 11, 12 et 13.

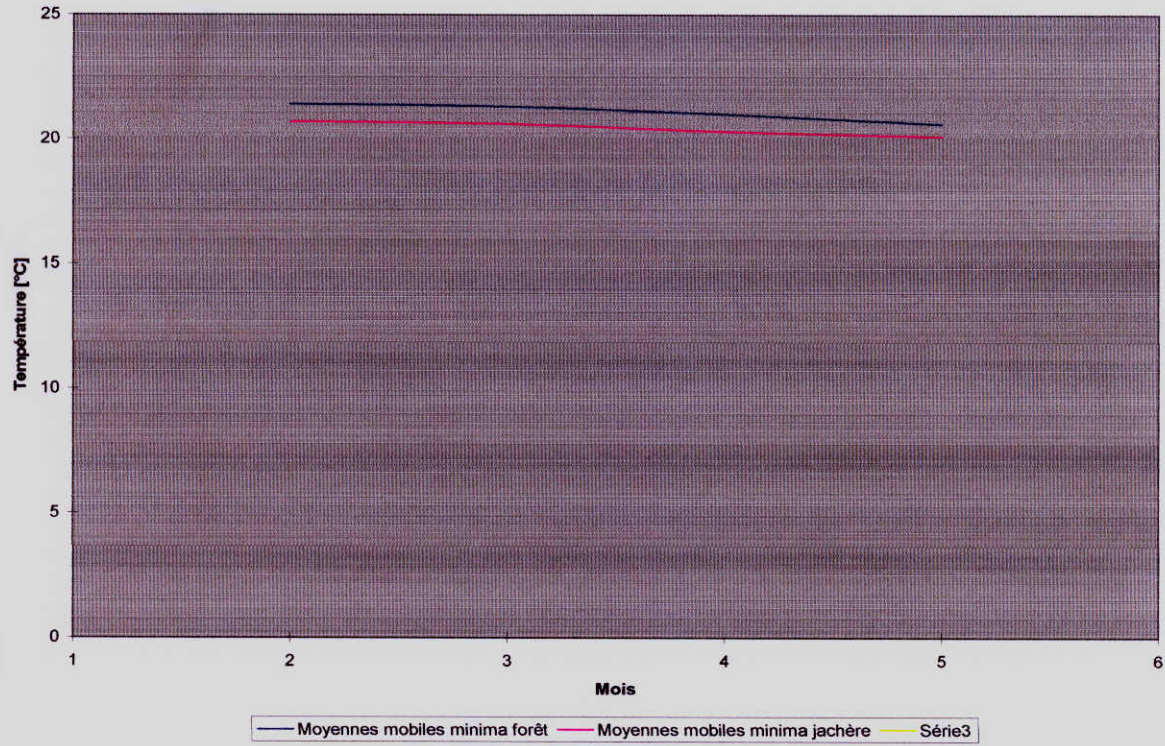


Figure 10 : Evolution de températures minima entre le 1er et 6è mois dans les types d'occupation (forêt et jachère)

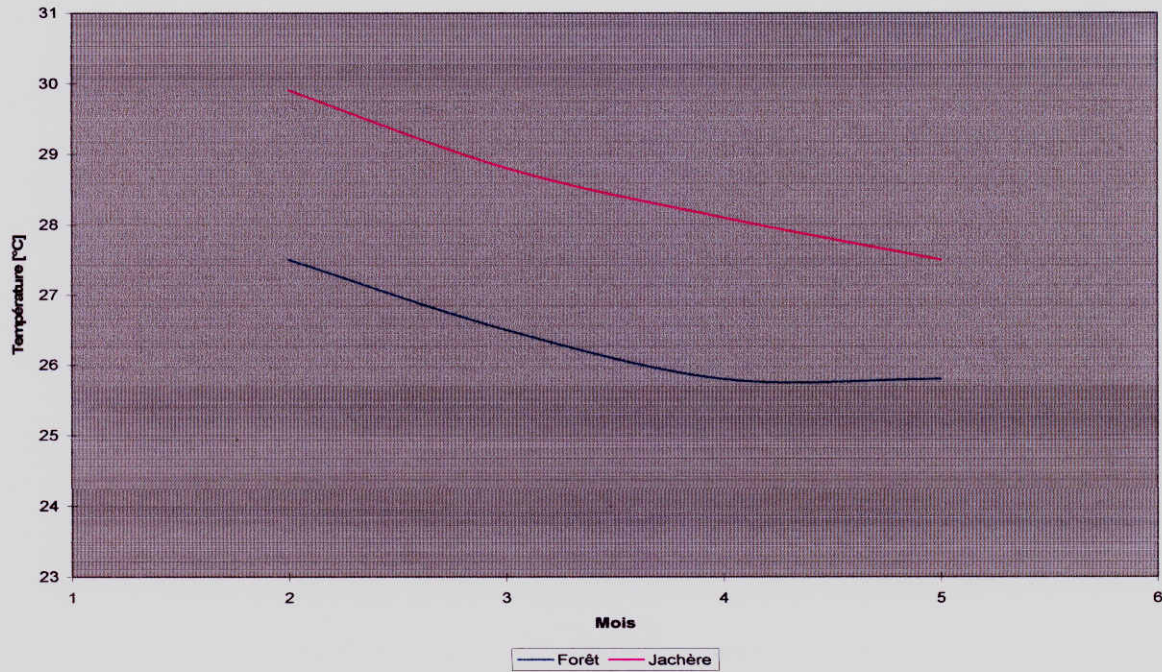


Figure 11 : Evolution des températures maximales entre le 1er et le 6ème mois d'observation dans les deux types d'occupation de sol (forêt et jachère)

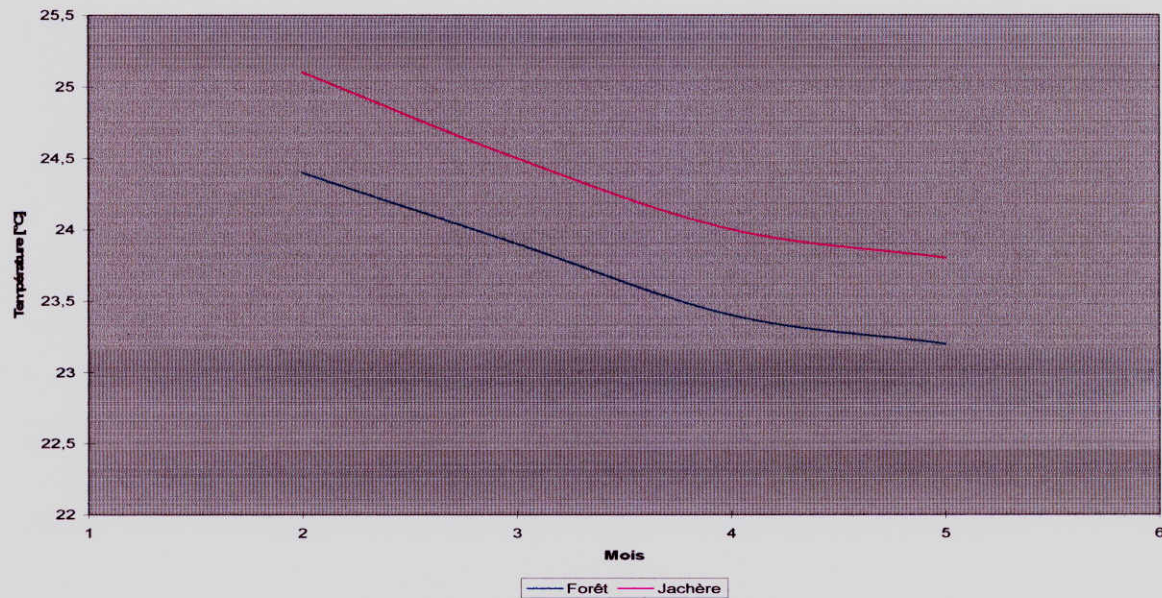


Figure 12 : Evolution des températures moyennes entre le 1er et le 6ème mois d'observation dans les deux types d'occupation de sol (forêt et jachère)

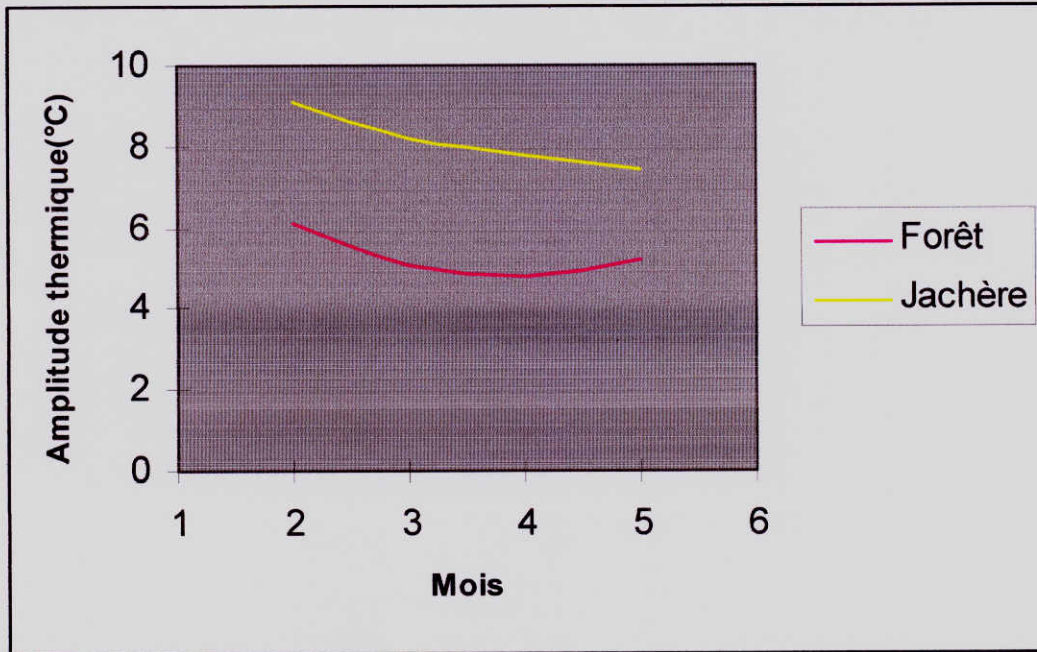


Figure 13 : Evolution de l'amplitude thermique entre le 1<sup>er</sup> et le 6<sup>e</sup> mois d'observation dans les 2 types d'occupation de sol (forêt et jachère).

En examinant l'allure des courbes représentées dans les figures 10, 11, 12 et 13, il se dégage que la tendance générale des températures aussi bien minima, maxima, moyennes que l'amplitude thermique dans les 2 types d'occupation de sol est décroissante. Les variations saisonnières (passage de la saison la plus chaude de l'année ; de janvier à mars ; vers les saisons les moins chaudes ; avril et juin, juillet et septembre) expliquent cette tendance générale.

### 3.2.2. Comparaison de 2 types d'occupation

Les conclusions de la comparaison de la forêt et de la jachère sur base des températures minima, maxima, moyennes et amplitude thermique, sont résumées dans les tableaux 4, 5, 6 et 7.

**Tableau 4. Comparaison de la forêt et jachère en fonction des températures minima (°C).**

Transect	d.d.l (k)	$\mu_{obs}$	$t_{0,95}$	Limites de confiance
1	14	5.12	2.145	0.25 et 0.59
2	11-9	5.76-6.28	2.201	0.52 et 1.15
Moyenne de 2 transects	9	6.88	2.262	0.39 et 0.85

En examinant les données reprises au tableau 4, il se dégage que les moyennes de température minima de deux types d'occupation de sol étudiés diffèrent entre elles statistiquement de manière significative aussi bien le long de chacun de deux transects qu'en considérant les valeurs moyennes de ces derniers.

La présence de la valeur zéro à l'extérieur de l'intervalle de confiance le rejet de l'hypothèse nulle.

**Tableau 5. Comparaison de la forêt et de la jachère sur base de températures maxima (en °C).**

Transect	d.d.l (k)	$\mu_{obs}$	$t_{0,95}$	Limites de confiance
1	8	6.64	2.306	-2.07 et -1.01
2	13-9	6.94	2.160	-3.75 et -1.97
Moyenne de 2 transects	9	6.83	2.262	-2.68 et -1.2

Le résumé de test de standard repris au tableau 5, indique que sur base de leurs moyennes de températures maxima, forêt et jachère diffèrent significativement entre eux. La position de la valeur zéro à l'extérieur de l'intervalle de confiance calculé confirme la conclusion de notre analyse (rejet de l'hypothèse nulle).

**Tableau 6. Comparaison de types d'occupation de sol forêt et jachère sur base de températures moyennes (en °C).**

Transect	d.d.l (k)	$\mu_{obs}$	$t_{0,95}$	Limites de confiance
1	10	6.67	2.228	-0.74 et -0.38
2	9	5.03	2.262	-0.9 et -0.22
Moyenne de 2 transects	9	4.26	2.262	-1.02 et -0.32

La comparaison de types d'occupation de sol forêt et jachère sur base de leurs températures moyennes révèle une différence significative entre eux. La situation de la valeur zéro en dehors de l'intervalle de confiance confirme que les moyennes de ces deux types d'occupation de sol ne sont pas égales (rejet de l'hypothèse nulle).

**Tableau 7. Comparaison de types d'occupation de sol et jachère sur base de l'amplitude thermique.**

Transect	d.d.l (k)	$\mu_{\text{obs}}$	$t_{0.95}$	Limites de confiance
1	10	6.57	2.228	-2.62 et -1.3
2	9	6.94	2.262	-4.48 et -2.28
Moyenne de 2 transects	9	7.03	2.262	-3.4 et -1.76

Il se dégage de résultats de l'analyse dont le résumé est repris au tableau 7 qu'il existe statistiquement entre les moyennes de l'amplitude thermique de la forêt et de la jachère une différence significative. Cette situation est confirmée par le fait que l'intervalle de confiance ne contient pas la valeur 0.

### 3.3. GRADIENT THERMIQUE.

Les variations de la température moyenne semestrielle ( $T_s [^{\circ}\text{C}]$ ) sur le plan horizontal le long de nos transects sont représentées dans les figures 14 et 15.

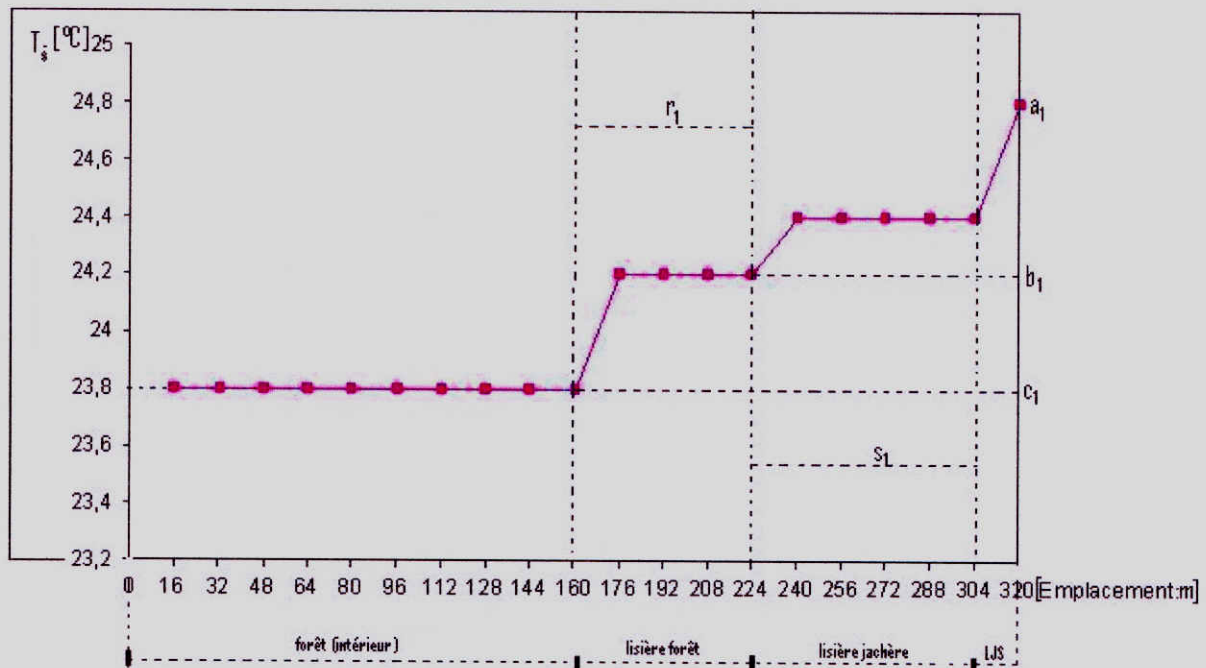


Figure 14 : Gradient thermique le long de transect 1



- $a_1$  : température de l'intérieur de deuxième type d'occupation (jachère)  
 $b_1$  : température de la lisière de deuxième type d'occupation (jachère)  
 $c_1$  : température de l'intérieur du premier type d'occupation (forêt)  
 $r_1$  : longueur de la lisière du premier type d'occupation (forêt)  
 $s_1$  : longueur de la lisière du deuxième type d'occupation (jachère)  
 LJS : longueur de la partie jachère sans limite.

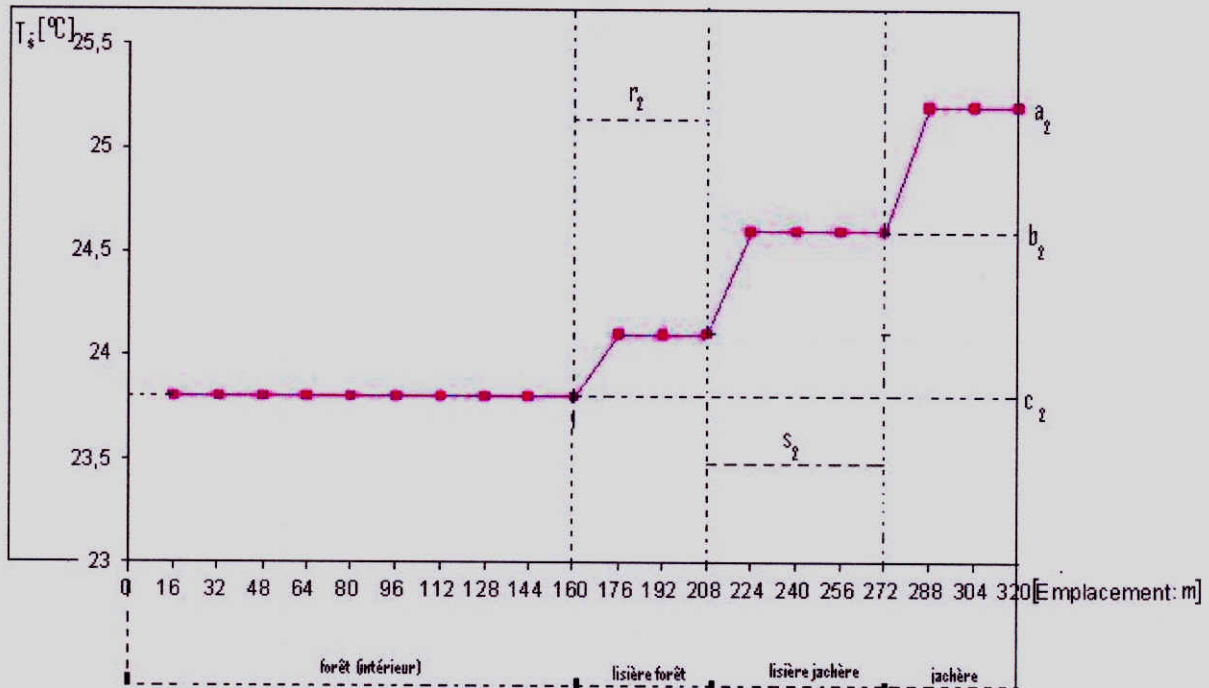


Figure 15 : Gradient thermique le long de transect 2

Légende :

- $a_2$  : température de l'intérieur de deuxième type d'occupation (jachère)  
 $b_2$  : température de la lisière de deuxième type d'occupation (jachère)  
 $c_2$  : température de l'intérieur du premier type d'occupation (forêt)  
 $r_2$  : longueur de la lisière du premier type d'occupation (forêt)  
 $s_2$  : longueur de la lisière du deuxième type d'occupation (jachère)

En examinant les figures 14 et 15, il se dégage que chaque type d'occupation considéré (forêt, jachère) a une lisière dont la longueur varie selon les transects :

- premier transect : lisière forêt : 64 mètres ; lisière jachère : 80 mètres ;
- deuxième transect : lisière forêt : 48 mètres ; lisière jachère : 64 mètres.

La variation de longueurs des lisières s'explique par les formes irrégulières des zones d'occupations consécutives aux interventions anthropiques (champs à répétition, feux de brousse en saison sèche A) aux alentours du noyau forestier et dans la jachère.

En effet, lors de nos observations, nous avons remarqué faute de lotissement agricole et d'application de principe de rotation des cultures, les agriculteurs avaient tendance à faire des champs dans les parties de la jachère mises en friche depuis longtemps, caractérisées par une végétation plus développée (arborescente et arbustive) d'une part, et à grignoter la forêt d'autre part. Cette sorte de pratique de nomadisme cultural due à l'existence d'une jachère avec portions d'âges différents, d'où, variation des longueurs de lisière dans le temps et dans l'espace.

Les longueurs de l'influence des matrices trouvées lors de notre étude dans le jardin systématique de Yangambi correspond à la relation selon laquelle l'influence de la lisière peut s'étendre sur une distance équivalente à deux ou trois (KITREDGE, 1962) voire jusqu'à quatre à six fois la hauteur des arbres (CHEN et al, 1999). Il convient de signaler que le long de transects, la hauteur des arbres mesurée par la méthode de croix de bûcheron a varié à au moins 25 mètres en étage supérieur, 15 à moins de 25 mètres en étage intermédiaire et à moins de 15 mètres en étage inférieur.

Lorsqu'on se déplace de la forêt vers la jachère à travers leurs lisières, nous avons noté une élévation de la température moyenne mensuelle après six mois d'observation. Par rapport à la forêt, des accroissements de l'ordre de 0,4 ; 0,7 et 1,2°C ont été enregistrés en bordure de la forêt, en lisière de la jachère et en jachère respectivement. La température moyenne élevée en jachère s'explique par l'action anthropique fréquente et récente. Car, comme affirment CHEN et al (1999), les taches récemment troublées par l'action humaine ou par le processus naturel tendent à avoir des jours avec des températures de l'air plus élevées que les taches non troublées.

Les indices de vitesse de changement de la température dans les deux lisières sont :

- pour la lisière forêt : 0,003125 (transect 1) et 0,010417 (transect 2).
- Pour la lisière jachère : 0,005 (transect 1) et 0,0125 (transect 2).

Il se dégage de ces valeurs des indices que la vitesse de changement de la température est plus faible en lisière de la forêt qu'en lisière de la jachère.

En d'autres termes, en lisière forêt, on enregistre une vitesse de changement de 0,003125 (tranchet 1) et de 0,010417 (tranchet 2), contre 0,005 (tranchet 1) et 0,0125 (tranchet 2) degré de température en se déplaçant de chaque mètre le long de ces zones périphériques. Cette situation s'explique par le pouvoir tampon qu'exerce la forêt vis-à-vis de la température.

En comparant les deux transects, le changement de la température pour les deux lisières est plus lent au premier transect que le long du second. Il apparaît donc que la vitesse de changement de la température varierait dans le sens inverse de la longueur de la lisière ; plus longue est la lisière, plus lentement change la température.

### 3.4. MICROCLIMAT EN FORET, LISIERES ET JACHERE.

#### 3.4.1. Températures minimales.

La variation des valeurs de la température minimale mensuelle moyenne au cours du semestre de la période d'étude est représentée dans la figure 16 tandis que la comparaison des moyennes de températures minima mensuelle est résumée au tableau 8.

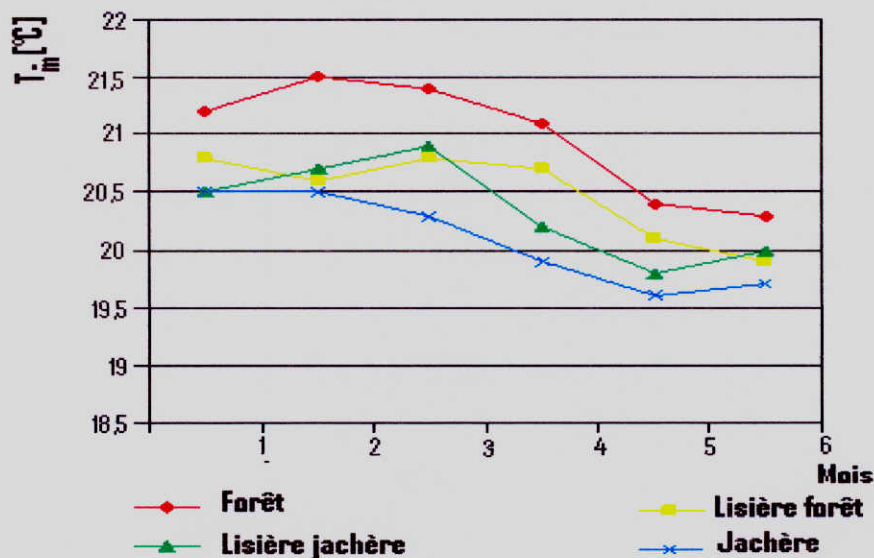


Figure 16 : Variation des températures moyennes mensuelles minimales durant le semestre.

**Tableau 8 : Comparaison des moyennes de température mensuelles (°C).**

Types d'occupation de sol	Forêt	Lisière forêt	lisière jachère	Jachère
Température minimale	21.0	20.4	20.4	20.1
Différence des moyennes par rapport à la forêt	-	0.6 <sup>n.s</sup>	0.6 <sup>n.s</sup>	0.9*

CV= 1.47%

PPDS 5% = 0.6°C ; 1% = 0.9°C ; 0.1% = 1.1°C

Les courbes relatives à la moyenne mensuelle de la température minimale montrent de manière générale qu'elle a variée selon les mois de la période d'observation d'une part, et les types d'occupation de sol d'autre part. On a enregistré cependant des écarts semestriels, et non significatifs faibles, de moins de un degré centigrade entre la forêt et la lisière forêt (0.6°C) et celle de la jachère (0.6°C). Cependant, entre la matrice forestière et la jachère, les températures minima diffèrent significativement (0.9°C).

Il se dégage des valeurs enregistrées que les températures minima ont diminuées de la forêt vers la périphérie. En d'autres termes, la forêt a élevé la température minimale journalière au cours de chaque mois. Cette observation concorde avec celle faite par KITTREDGE (1962) et MACLEVER (1981) en ce qui concerne le rôle que joue la forêt sur l'élévation des températures minima. Cette influence procède à l'ombrage fourni par les couronnes des arbres de telle sorte que le sol et l'air sous – jacentes sont réchauffés par la radiation solaire beaucoup moins qu'en terrain découvert.

Dans chaque type d'occupation de sol, durant la période de prélèvement des données, températures minima moyennes, ont varié d'un mois à un autre avec des pointes au deuxième mois (14 avril – 15 mai) et fléchissement au – delà de ce dernier. En dehors de l'action physique et biologique exercée par le type de formation végétale colonisant chaque type d'occupation de sol sur la température minimum, ce changement est consécutif aux variations des autres composantes climatiques à l'échelle régionale (radiation solaire, humidité relative) en relation avec la température de l'air.

### 3.4.2. Températures maximales.

Les moyennes des températures maxima enregistrées mensuellement dans les différents types de sol sont représentées par la figure 17 et leur comparaison faite dans le tableau 9.

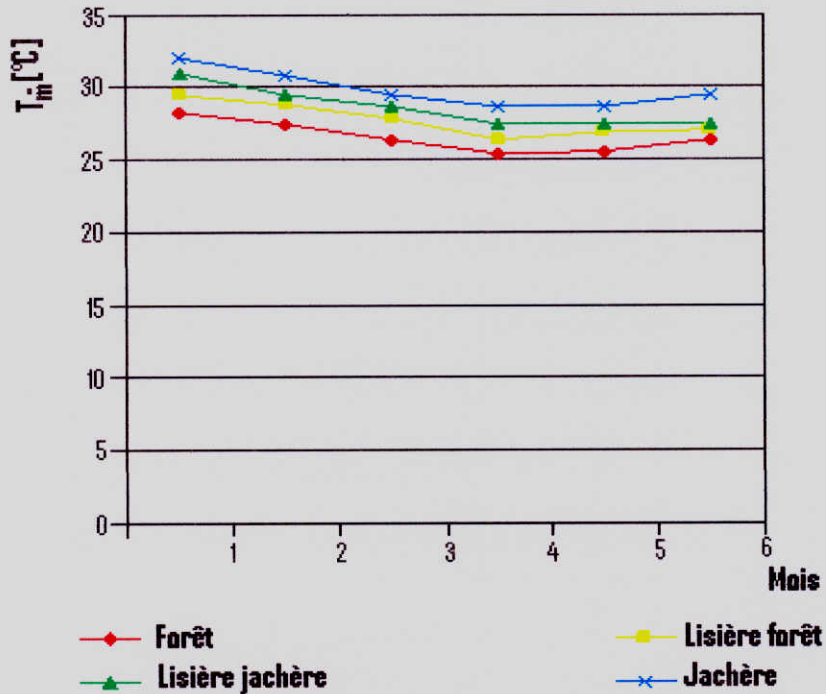


Figure 17 : Variation des températures moyennes mensuelles maxima

Tableau 9 : Comparaison des moyennes mensuelles des températures maxima (°C)

Type d'occupation de sol	Jachère	Lisière jachère	lisière forêt	Forêt
Température minimale	29.9	28.6	27.8	26.6
Différence des moyennes par rapport à la forêt	3.3 <sup>***</sup>	2.0 <sup>*</sup>	1.2 <sup>n.s</sup>	-

CV : 2.84

PPDS 5% : 1.7°C

1% : 2.3°C

0.1% : 3.1°C

L'examen de la figure 17 montre de façon générale que les températures moyennes maxima ont mensuellement variée d'un type d'occupation à un autre. Contrairement aux températures minima, les maxima s'élèvent de la forêt vers la périphérie.

Dans chaque type d'occupation de sol considéré, les pointes des températures maxima y ont été enregistrées au premier mois (15 mars au 14 avril) et les fléchissements à partir du quatrième mois (15 juin – 14 juillet).

Durant toute la période d'observation, les températures moyennes maxima sous forêt sont restées inférieures à celles prélevées dans les autres types d'occupation situées à l'extérieur. On a noté entre la zone forestière et celles des lisières de la forêt, de la jachère et de la jachère elle-même des écarts mensuels de l'ordre de 1.2°C (non significatif) ; 2.0°C (significatif) et 3.3°C (hautement significatif). Nos observations confirment l'affirmation selon laquelle les arbres de manière générale, abaissent les maxima (KITREDGE, 1962 et MACLEVER, 1981).

Nous avons enregistré des écarts des températures maxima dans les zones de transition adjacentes, c'est-à-dire entre forêt et jachère (lisière forêt) d'une part, et entre parties arbustive et herbacée de la jachère (lisière jachère) d'autre part. Les interactions entre microclimats spécifiques de zones adjacentes justifient ce fait. En effet, les lisières forment une zone de transition où les variations de température sont atténuées ; la température à l'intérieur de la forêt et de la partie arbustive de la jachère est inférieure à celle de l'air en partie en découvert ou herbacée.

### **3.4.3. Température moyenne mensuelle.**

Les variations des températures moyennes observées au cours de chaque mois de la période de notre étude sont représentées par la figure 18. Le résumé de l'ANOVA est consigné dans le tableau 10.

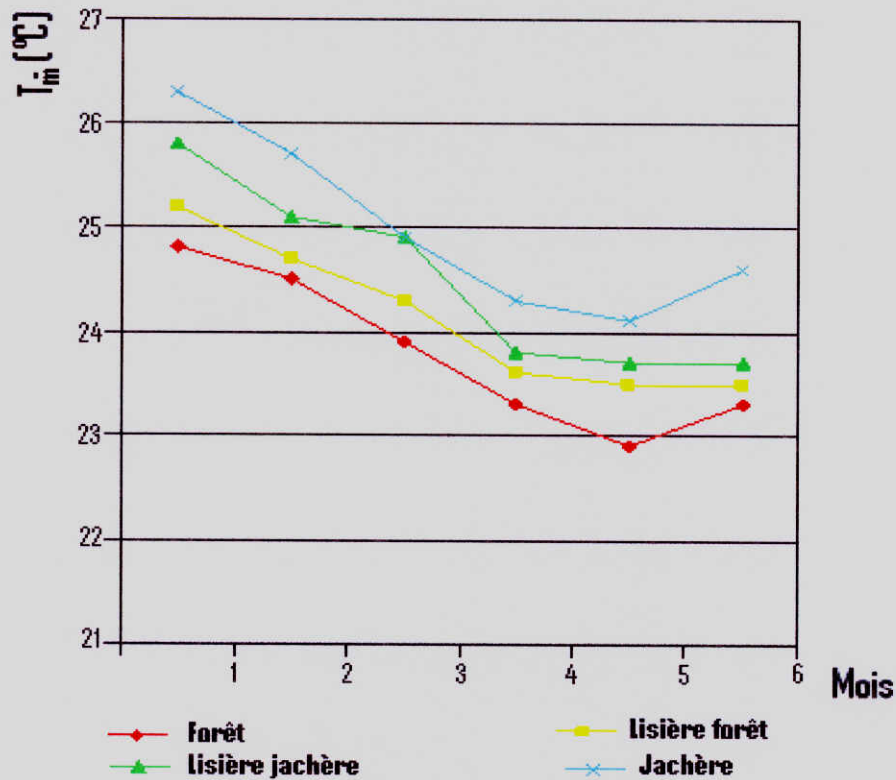


Figure 18 : Variation des températures moyennes mensuelles.

**Tableau 10 : résumé de l'ANOVA de la température maximum mensuelle**

Sources de variation	ddl	SCE	CM	F	
				Calc.	Table 5%
Entre types d'occupation	3	4.77	1.59	2.45 <sup>n.s</sup>	3.10
Dans les types d'occupation	20	12.99	0.65		
Total	23	17.96			

CV : 2.05%

ANOVA : pas de différence significative

L'examen des courbes reprises dans la figure 18 indique qu'au cours de la période des observations, la température moyenne a varié en fonction des mois et les types d'occupation de sol.

En considérant les mois, il apparaît que dans tous les types d'occupation de sol, les températures moyennes journalières les plus élevées ont été enregistrées au premier mois (15 mars – 14 avril). Au – delà de ce dernier, nous avons observé des légers fléchissements des températures moyennes accompagnés parfois des faibles variations en dents de scie (forêt, lisière forêt).

Toute chose restant égale par ailleurs, cette situation pourrait s'expliquer par des variations mensuelles des autres composantes du climat qui influencent la température en général, bien que nous ne les ayons pas mesurés à l'échelle locale. Il s'agit de l'insolation, humidité relative, vitesse de vent.

En effet, les mois de mars et d'avril (mois 1), les plus chauds, ont été les moins humides, pluvieux, les plus ensoleillés, contrairement à ceux de juillet, août et septembre (4, 5, 6). Ce premier mois s'est caractérisé par conséquent par des valeurs élevées des moyennes des températures minima et maxima.

En comparant les types d'occupation de sol sur base de leurs températures moyennes mensuelles bien que l'ANOVA n'ait pas indiqué l'existence des différences significatives entre elles, il se dégage que les valeurs enregistrées sous forêt sont restées plus basses que celles des zones extérieures tout au long de notre période d'étude. Les écarts mensuels moyens le long de deux transects entre forêt, lisière forêt, jachère, lisière jachère ont été de 0.4 ; 0.7 et 1.2°C respectivement.



### 3.4.4. Amplitude thermique.

Les variations de l'amplitude thermique mensuelle moyenne enregistrées durant la période de nos observations sont représentées par la figure 19. La comparaison des moyennes mensuelles est faite au tableau 11.

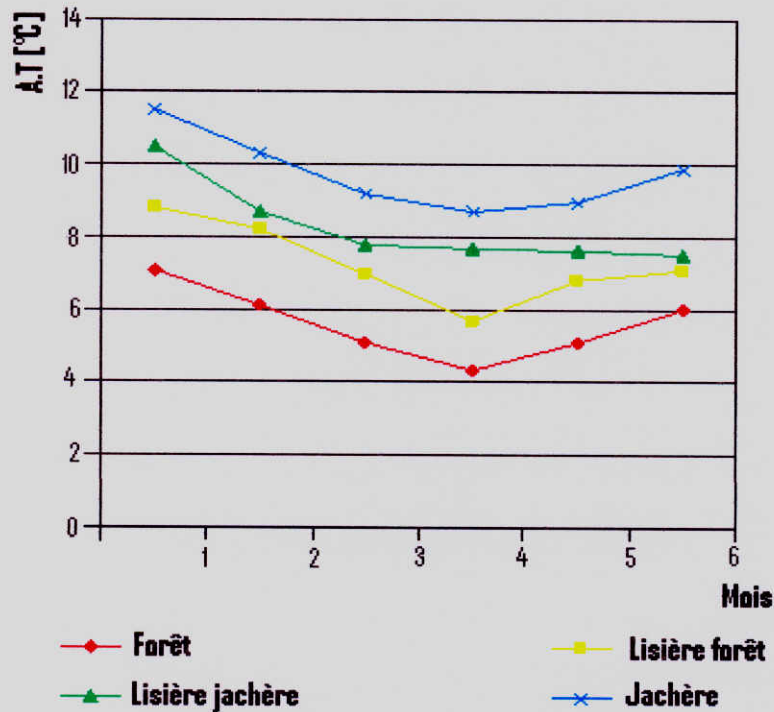


Figure 19 : Variation de l'amplitude thermique moyenne mensuelle.

**Tableau 11 : Comparaison des moyennes mensuelles d'amplitude thermique (°C)**

Type d'occupation de sol	Jachère	Lisière jachère	lisière forêt	Forêt
Amplitude thermique	9.8	8.3	7.2	5.6
Différence des moyennes par rapport à la forêt	4.2 ***	2.7 *	1.6 *	-

CV : 9.1%

PPDS 5% : 1.5°C

1% : 2.0°C

0.1% : 2.3°C

Comme les autres composantes de la température moyenne précédentes, l'amplitude thermique a varié d'un mois à un autre et cela en fonction des types d'occupation de sol.

Dans chaque type d'occupation de sol, les pointes des amplitudes thermiques journalières ont été enregistrées au cours de deux premiers mois (1 : 15 mars au 14 avril et 2 : 15 avril – 14 mai 2007) et un fléchissement au delà de ces derniers. Cette situation est consécutive aux variations des températures minima et maxima durant notre période d'observations.

Au cours de chaque mois d'observation, la forêt a accusé des faibles écarts thermiques comparativement aux autres types d'occupation. Cette tendance à atténuer l'amplitude thermique a été également observée par CACHAN (1963) dans la forêt tropicale humide de BANCO en côte – d'Ivoire où les variations thermiques fortement faibles étaient caractérisées par une amplitude journalière qui ne dépassait pas 5.1°C à un mètre du sol durant l'année.

La comparaison des moyennes mensuelles de l'amplitude thermique faite au tableau 15 indique que l'amplitude thermique en jachère diffère de manière très hautement significative de celle de la forêt ; cependant, elle est hautement significativement différente de celle de la lisière forêt. Entre l'amplitude thermique de la lisière jachère et celle de la forêt, existe un écart hautement significatif cependant, l'amplitude thermique de la lisière forêt et celle de la matrice forestière diffèrent significativement.

### 3.5. RELATION ENTRE TYPES D'OCCUPATION DE SOL ET TEMPERATURE MOYENNE.

Les relations entre longueur des types d'occupations de sol (forêt, lisière, jachère) et variation de la température moyenne le long de deux transects de l'étude sont décrites par les coefficients de corrélation et droites de régression mentionnés dans le tableau 12, les équations (9), (10), (11), (12), (13), et figures 20, 21, 22, et 23.

Il convient de noter que corrélation et régression n'ont pas été mesurées pour la partie jachère le long du premier transect faute de plus d'un emplacement des thermomètres.

**Tableau 12: Corrélation entre longueur de types d'occupation (emplacement des thermomètres) et la température (°C).**

Zone d'occupation de sol	r	
	Transect 1	Transect 2
Forêt	- 0,63	0,142
Lisière forêt	0,96	0,98
jachère		1,0

L'examen des valeurs de coefficient de corrélation entre longueur de la zone d'occupation (emplacement des thermomètres) et variation de la température moyenne reprise dans le tableau permet de dégager ce qui suit :

- 1° En forêt, une relation quasi négligeable, c'est -à- dire corrélation faible ( $r < 0,20$ ) entre ces deux variables ; la corrélation de cette dimension concernant 10 paires d'observation.
- 2° En lisière, les deux variables sont étroitement liées ( $r$  compris entre 0,90 et 1) ; les corrélations de ces dimensions concernant 9 (premier transect) et 7 (deuxième transect) paires d'observations peuvent arriver par chance ou au hasard entre 5 et 1% ;
- 3° En jachère, le long de deuxième transect, il existe une corrélation négative parfaite entre les deux variables ; la corrélation de cette dimension concernant 3 paires d'observations.

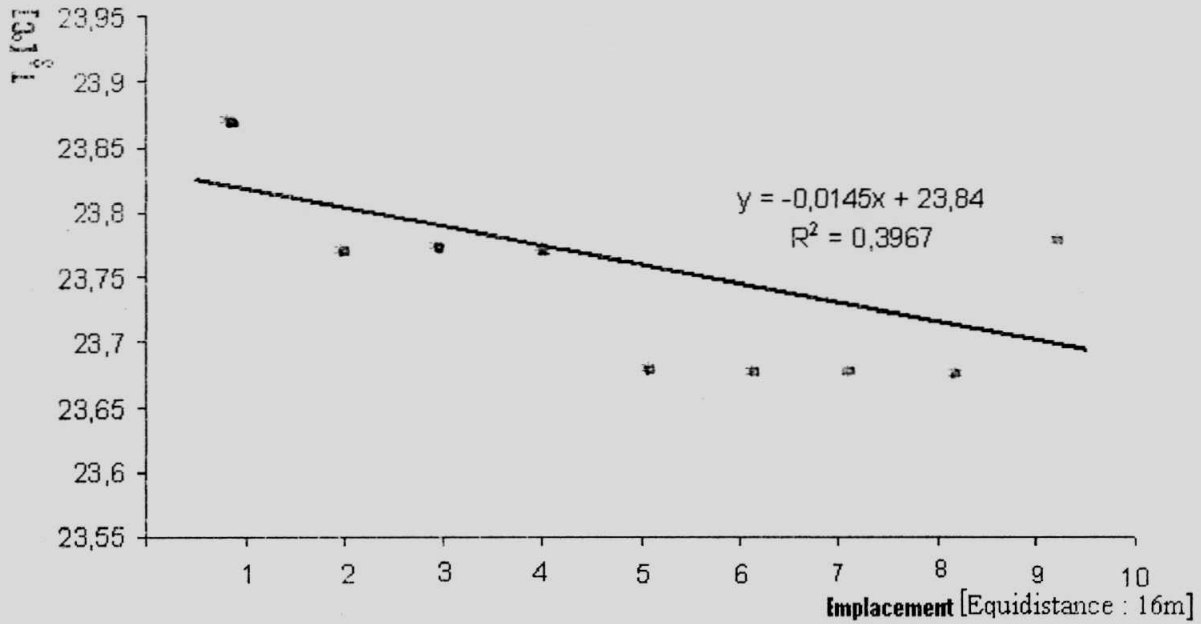


Figure 20: Droite de régression linéaire entre la température et l'emplacement des thermomètres le long de transect 1 en forêt.

La nature de la relation entre l'unité de changement de l'emplacement ou de la longueur de chaque zone d'occupation associée à celle de la température moyenne le long de deux transects est décrite par les différentes équations de régression.

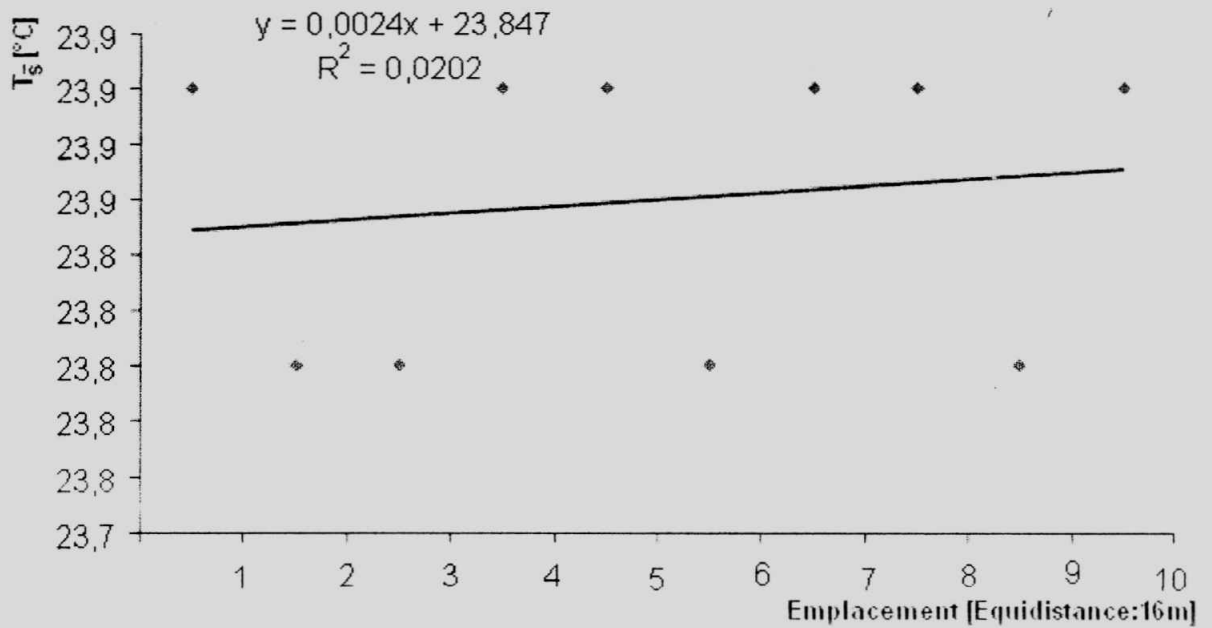


Figure 21: Droite de régression linéaire entre la température et l'emplacement des thermomètres le long de transect 2 en forêt

Les équations de régression pour le premier (9) et le deuxième (10) transects en forêt s'écrivent respectivement comme suit :

$$Y = 23,84 - 0,0145 X \quad (9)$$

$$Y = 23,85 + 0,00242X \quad (10)$$

Il se dégage qu'en forêt, avec une température de départ (base) de 23,84°C et de 23,85°C par emplacement des thermomètres (équidistance de 16 mètres), chaque emplacement supplémentaire (16 mètres) est associé à une diminution de 0,0145°C et à une augmentation de 0,00242°C de température le long du premier et du deuxième transect respectivement.

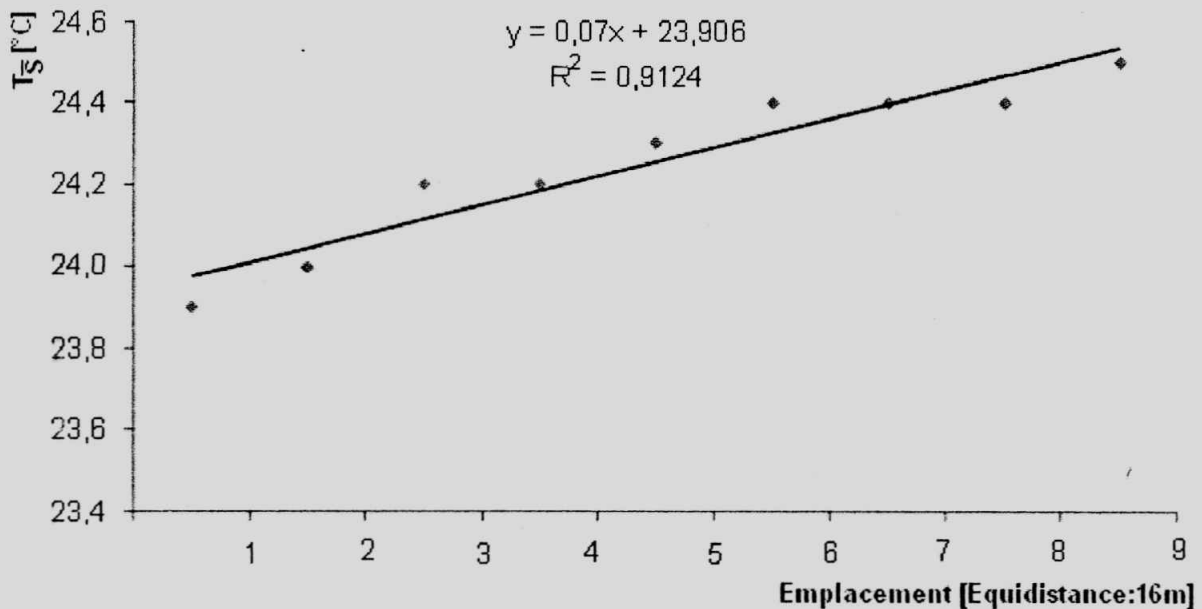


Figure 22 : Droite de régression linéaire entre la température et l'emplacement des thermomètres le long de transect 1 dans la zone des lisières (forêt et jachère).

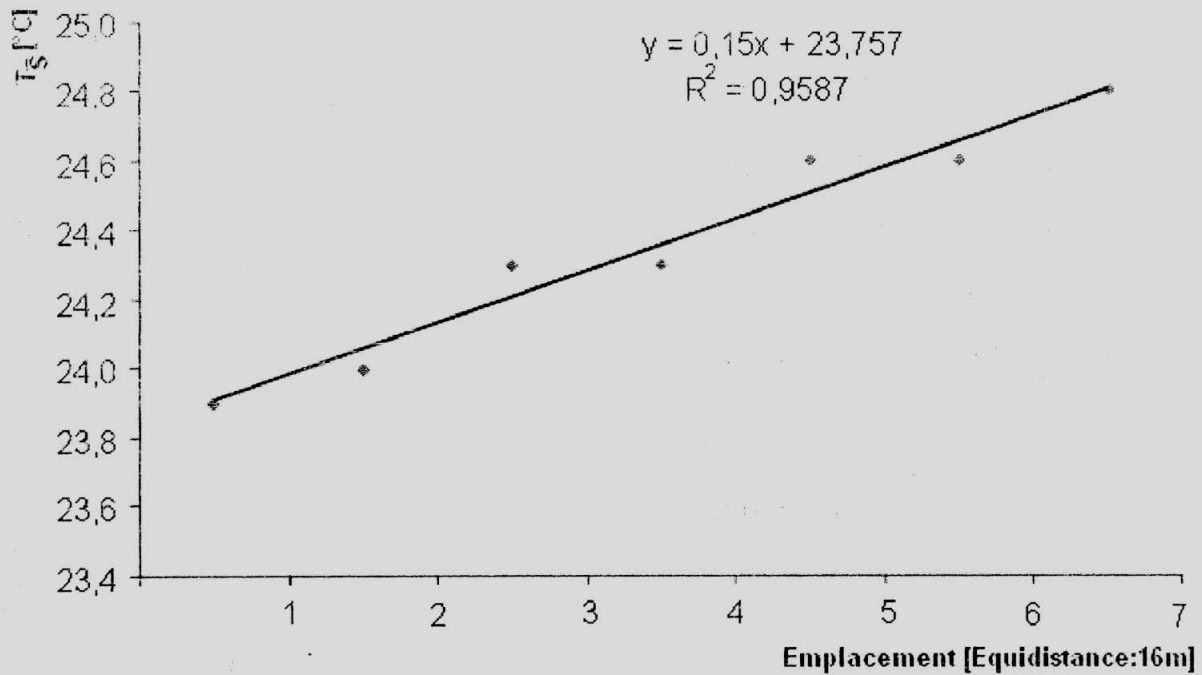


Figure 23 : Droite de régression linéaire entre la température et l'emplacement des thermomètres le long de transect 2 dans la zone des lisières (forêt et jachère).

En lisière, les équations de régression s'écrivent comme suit :

- premier transect :  $Y = 23,91 + 0,07X$  (11) ;

- deuxième transect :  $Y = 23,76 + 0,15X$  (12).

Ces équations traduisent qu'en lisière, avec une température de base de 23,91°C et de 23,76°C par emplacement des thermomètres (équidistance de 16 mètres), le passage d'un emplacement à un autre est accompagné d'une augmentation de la température de l'ordre de 0,07 et 0,15°C le long du premier et du deuxième transects respectivement.

En jachère, le long du second transect, l'équation de régression est la suivante :

$$Y = 25,6 - 0,2X \quad (13)$$

Cette équation décrit qu'en ce type d'occupation, de sol, avec une température de départ de 25,6°C par emplacement des thermomètres (équidistance de 16 mètres), chaque emplacement supplémentaire est associé à une diminution de température de l'ordre de 0,2°C le long du deuxième transect.

## CONCLUSION ET SUGGESTION.

L'actuelle étude a consisté à mettre en évidence l'effet de la lisière sur le microclimat thermique de la réserve forestière « Jardin Systématique » de Yangambi. Pour ce faire, des températures minima et maxima ont été prélevées durant 6 mois (Mars – Septembre 2007) au moyen des thermomètres placés tous les 16 mètres le long de 2 transects orientés du Nord au Sud, équidistants de 200 mètres et reliant forêt et jachère, zones d'occupation considérées.

Il se dégage des observations réalisées ce qui suit :

- suite à la forme irrégulière des types d'occupation de sol considérés et à l'action anthropique fréquente, forêt et jachère ont des lisières de longueur variable selon les transects et diffèrent significativement entre eux en fonction de leur microclimat ;
- à l'échelle de la lisière, la température moyenne mensuelle augmente (0,4°C) par rapport à celle de la forêt et diminue (0,5°C) comparativement à celle de la jachère ;
- bien que l'ANOVA n'ait pas révélé des différences significatives entre matrices et leurs lisières respectives en ce qui concerne la température moyenne mensuelle, longueur de la lisière et variation de la température moyenne sont cependant hautement significativement corrélées.

Nous suggérons que dans l'avenir notre étude soit répétée pendant une période plus longue que la notre (6 mois) et en considérant plus d'une direction géographique et de deux zones d'occupation de sol.

## BIBLIOGRAPHIE.

- ANONYME a, S.D : « L'ADRD et le changement climatique » [http : //www.fao.org](http://www.fao.org) (dernière entrée le 12/02/2008
- ANONYME b, S.D : « Interactions entre les changements et la variabilité climatiques et d'autres contraintes environnementales s'exerçant sur la santé des forêts et des parcours en Amérique du Nord. Commission des forêts pour l'Amérique du Nord. Vingt – troisième session. Vancouver, Colombie Britannique (Canada) 23 – 27 Octobre 2006 » [http : //www.fao.org](http://www.fao.org) (dernière entrée le 12/02/2008.
- ANONYME c, S.D : « Forêts et changement climatique. FAO salle de presse 2006 » [http : //www.fao.org](http://www.fao.org) (dernière entrée le 12/02/2008
- ANONYME d, S.D : « Forêts et changement climatique en Afrique : faire face aux enjeux. Commission des forêts et de la faune sauvage pour l'Afrique. Quinzième session Maputo (Mozambique) 29 mars – 1<sup>er</sup> avril 2006 ». [http : // \\_ HYPERLINK "http://www.fao.org" www.fao.org](http://www.fao.org) (Dernière entrée le 12/02/2008.
- ANONYME e, S.D : « Evénement spécial sur les incidences des changements climatiques, des ravageurs et des maladies sur la sécurité alimentaire et la lutte contre la pauvreté. Document d'information. Trente et unième session du Comité de la Sécurité Alimentaire Mondiale 23 – 26 mai ». [http : // \\_ HYPERLINK "http://www.fao.org" www.fao.org](http://www.fao.org) . (Dernière entrée le 12/02/2008
- CIFOR, Banque Mondiale & CIRAD, 2007 : La forêt en R.D. Congo post conflit 2007. Analyse d'un agenda prioritaire. Jakarta 10065. Indonésie pp 1 – 35.
- BAMBA, I., 2006 : Etude de la structure spatiale de la dynamique spatiotemporelle d'un paysage dans l'ex Bas – Congo (RD Congo). Mémoire D.E.A ULB, pp 8 – 9.
- BERGONZINI, J.C., 2004 : Changements climatiques, désertification, diversité biologique et forêts. SYLVA et RIAT. Imprimerie Labellery Clamecy (58) 146 p.
- BERNARD, E., 1945 : Abaque psychrométrique du réseau éoclimatique de l'INEAC. Inédite. Yangambi. p



- BUREL, F. et BAUDRY, J., 2003 : *Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et application.* Technique & Documentation. Londres New York, Paris. 4<sup>e</sup> tirage. p
- CACHAN, P., 1963 : Variations microbiologiques et saisonnières dans les forêts sempervirentes de Basse Côte d'Ivoire. *Ann. Fac. Sciences. Univ. Dakar*, 8, ser. Sciences animales (1) : 1 -88.
- CIESLA, W.M., S.D: « Rôle de la protection contre les incendies, les insectes et les maladies ». Disponible sur <http://www.fao.org> (dernière entrée, le 31/01/2008)
- CHEN, J. ; SAUDERS, S.G, CROW, T.R., NAIMAN, J., KIMBERLEY, D.B, MRUZ, G.D., BROOKSHIRE, B.L. et FRANKLIN, J.F., 1999: Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology. *Bioscience*. Vol. 49 n°4 : 288-297.
- CLERGEAU, P. et DESIRE, G., 1999 : Biodiversité, paysage et aménagement du corridor à la zone de connexion biologique. *Mappemonde* 55 (1999.3) : 17 – 23.
- DAJOZ, R., 1975 : *Précis d'Ecologie*. Troisième édition revue et augmentée. Dunod. Pp. 23 – 134.
- DAJOZ, R., 1982 : *Précis d'Ecologie*. Quatrième édition revue et augmentée Bordas. Paris. ...P
- DE LEENHER, L., D'HOORE, J. et SYS, K., 1952 : Cartographie et caractérisation pédologique de la Cantena de Yangambi. *Publ. INEAC*. N° 55 p.23.
- FAO, S.D : Les Ecotones, concept – clé de l'Ecologie ». Disponible sur <http://www.fao.org> (dernière entrée le 31/01/2008).
- FAO, 1990: *Climate change and agriculture, forestry and fisheries*. FAO position paper for the second world climate conference. Geneve, Suisse, 11 p.
- GERMAIN, R et EVRARD, C., 1956 : Etude écologique et phytosociologique de la forêt à *Brachystegia Laurentii*. *Publ. INEAC, Série Sc. N° 67*. Bruxelles. 105p.
- GILSON, P., VAN VAMBEKE, A. et GUTZWILLER, R., 1956 : Cartes des sols et de la végétation de Congo – belge et du Rwanda – Urundi, 6 Yangambi Planchette 2 : Yangambi A et B. *Publ. INEAC*, 35p.
- KITTREDGE, J., 1962 : Influence de la forêt sur le climat et les autres facteurs du milieu in *Influences exercées par la forêt sur son milieu. Etude des forêts et des produits forestiers n°15*. FAO. Rome pp 115 – 156.
- 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. Pp 35 – 45.

- LAROUSSE, 1975 : Grand Larousse de la langue française. Librairie Larousse. Tome 4<sup>e</sup> IND – NY. Paris p. 3080.
- LAURENCE, W.F., 1999 : Habitat fragmentation : Introduction and Synthesis. *Biological conservation* (91) : 101 – 107.
- LEMEE, G., 1978 : Précis d'écologie végétale. Mason. Paris New York. Milan pp. 5- 35.
- MABIALA, M.K, NDEL, C., MERGER, G., VANGU, L., KANDARA, S., MILAMBO, M., 1980: Normes d'inventaire forestier. Cahier n°2. 1<sup>ère</sup> partie stratification forestière de territoire. SPIAF. Rép. du Zaïre 59p.
- MACLVER, D.C., S.D : Changement climatique et aménagement durable des forêts. Disponible sur <http://www.fao.org> (dernière entrée le 31/01/2008).
- MACLVER, D.C, 1989 : Protecting the health and productivity of the Boreal Estate. In Proc. 10<sup>th</sup> Fire and Forest Meteorology. Conf. Toronto, Canada. Environnement Canada.
- MCNEELY, J.A., S.D : Biodiversité forestière au niveau de l'écosystème: quel rôle pour l'homme. Disponible sur <http://www.fao.org> (dernière entrée le 31/01/2008).
- MAUDOU, E., 1953: Le climat forestier des formations denses de l'Afrique Centrale. Notes techniques hors série, INEAC Yangambi 30p.
- MULLER, J. et De BILDERLING, G., 1953 : Les méthodes culturales indigènes sur les sols équatoriaux des plateaux. Bulletin d'information de l'INEAC. Vol 11 n°1 :20-30.
- MYRES, N., 1991 : Tropical forest : present status and future outlook. *Climate change*. 19 (1 – 2): 3 – 32.
- PAVAKI, A., 1962 : Introduction in influences exercées par la forêt sur son milieu. Etude des forêts et des produits forestiers. N° 15 pp 3 – 32.
- PERRY, D.A., 1994 : Forest ecosystem. Baltimore : Johns Hopkins University Press.
- POLLARD, D.F.W., 1985: A forestry prospective in the carbon dioxide issue. *For Chron.*, August: 312 – 318.
- PULLIAM, H.R., 1986: Source, Sinks and population regulation. *American naturalist* n° 132: 652 – 661.
- RICKLEFS, R.E et MILLER, G.L., 2005: Ecologie. Traduction de la 4e édition. De Boeck. Université. Bruxelles pp 523 – 527.

VAN WAMBEKE, A. et LIBENS, E, 1957 : Cartes des sols et de la végétation du Congo Belge et du Rwanda – Urundi. Planchettes 4 Yambaw. Cartes A et B pp 3 – 20.

WARNING, R.H et RUNNING, S.W., 1988: Forest ecosystems. San Diego. Academic Press.

## ANNEXE 1: Test t

### 1.1. Températures minima

Emplacement	Transect 1		Transect 2		<del>X</del>	
	Forêt	Jachère	Forêt	Jachère	Forêt	Jachère
1	21.1	20.7	20.8	21.1	21.0	20.9
2	21.1	20.7	20.9	19.7	21.0	20.2
3	21.0	20.5	21.0	20.4	21.0	20.5
4	21.1	20.6	21.1	20.7	21.1	20.7
5	21.1	20.9	21.1	20.5	21.1	20.7
6	20.9	20.5	21.1	20.0	21.0	20.3
7	20.8	20.3	21.1	19.8	21.0	20.1
8	20.8	20.5	21.2	20.2	21.0	20.4
9	20.8	20.4	21.2	20.0	21.0	20.2
10	20.8	20.1	21.4	20.1	21.1	20.1

#### Transect 1 :

Forêt :  $\Sigma : 209,4$  ;  $\bar{X}_1 : 20,94$  ;  $SCE_1 : 0,164$

Jachère :  $\Sigma : 205,2$  ;  $\bar{X}_2 : 20,52$  ;  $SCE_2 : 0,456$

$$\mu_{\text{obs}} : \frac{|20,94 - 20,52|}{\sqrt{\frac{0,164 + 0,456}{10(10-1)}}} = 5,12$$

$$k = \frac{\left[ \frac{0,164}{10(10-1)} + \frac{0,456}{10(10-1)} \right]^2}{\frac{1}{10-1} \left[ \frac{0,164}{10(10-1)} \right]^2 + \frac{1}{10-1} \left[ \frac{0,456}{10(10-1)} \right]^2} = 14$$

$$LC = (20,94 - 20,52) \pm 2,145 \sqrt{\frac{0,164 + 0,456}{10(10-1)}}$$

$$= 0,42 \pm 0,17 = 0,25 \pm 0,59$$

**Transect 2 :**Forêt :  $\Sigma : 210,9$  ;  $\bar{X}_1 : 21,09$  ;  $SCE_1 : 0,249$ Jachère :  $\Sigma : 202,5$  ;  $\bar{X}_2 : 20,25$  ;  $SCE_2 : 1,665$ 

$$\mu_{\text{obs}} : \frac{|21,09 - 20,25|}{\sqrt{\frac{0,249 + 1,665}{10(10-1)}}} = \frac{0,84}{0,1458} = 5,76$$

$$k = \frac{\left[ \frac{0,249}{10(10-1)} + \frac{1,665}{10(10-1)} \right]^2}{\frac{1}{(10-1)} \left[ \frac{0,164}{10(10-1)} \right]^2 + \frac{1}{(10-1)} \left[ \frac{1,665}{10(10-1)} \right]^2} = 11$$

$$LC = (21,09 - 20,25) \pm 2,201 \sqrt{\frac{0,249 + 1,665}{10(10-1)}} = 0,84 \pm 0,32 = 0,52 \text{ et } 1,16.$$

**Moyenne :**Forêt :  $\Sigma : 210,3$  ;  $\bar{X}_1 : 21,03$  ;  $SCE_1 : 0,021$ Jachère :  $\Sigma : 204,1$  ;  $\bar{X}_2 : 20,41$  ;  $SCE_2 : 0,709$ 

$$\mu_{\text{obs}} : \frac{|21,03 - 20,41|}{\sqrt{\frac{0,021 + 0,709}{10(10-1)}}} = 6,88$$

$$k = \frac{\left[ \frac{0,021}{90} + \frac{0,709}{90} \right]^2}{\frac{1}{9} \left[ \left( \frac{0,021}{90} \right)^2 + (0,709)^2 \right]} = 9$$

$$LC = (21,03 - 20,41) \pm 2,262 \sqrt{\frac{0,021 + 0,709}{10(10-1)}} = 0,62 \pm 0,23 = 0,39 \text{ et } 0,85.$$

## 1.2. Températures maxima

Emplacement	Transect 1		Transect 2		$\bar{T}_X$	
	Forêt	Jachère	Forêt	Jachère	Forêt	Jachère
1	26.7	27.1	27.0	26.8	26.9	27.0
2	26.6	27.4	26.7	28.3	26.7	27.9
3	26.5	27.4	26.6	28.3	26.6	27.9
4	26.4	27.8	26.6	27.9	26.5	27.9
5	26.2	27.7	26.6	28.7	26.4	28.2
6	26.6	28.3	26.5	29.2	26.6	28.8
7	26.6	28.5	26.7	29.7	26.7	29.1
8	26.6	28.3	26.6	30.5	26.6	29.4
9	26.5	28.6	26.4	30.3	26.5	29.5
10	26.5	29.5	26.5	29.9	26.5	29.7

### Transect 1 :

Forêt :  $\Sigma : 265,2$  ;  $\bar{X}_1 : 26,52$  ;  $SCE_1 : 0,176$

Jachère :  $\Sigma : 280,6$  ;  $\bar{X}_2 : 28,06$  ;  $SCE_2 : 4,664$

$$\mu_{\text{obs}} = \frac{|28,06 - 26,52|}{\sqrt{\frac{0,176 + 4,664}{90}}} = 6,64$$

$$k = \frac{\left[ \frac{0,176}{10(10-1)} + \frac{4,664}{10(10-1)} \right]^2}{\frac{1}{9} \left[ \frac{0,176}{90} \right]^2 + \frac{1}{9} \left[ \frac{4,664}{90} \right]^2} = 8$$

$$LC = (26,52 - 28,06) \pm 2,306 \sqrt{\frac{0,176 + 4,664}{10(10-1)}} = -2,07 \text{ et } -1,01$$

### Transect 2 :

Forêt :  $\Sigma : 266,1$  ;  $\bar{X}_1 : 26,61$  ;  $SCE_1 : 0,237$

Jachère :  $\Sigma : 289,6$  ;  $\bar{X}_2 : 28,96$  ;  $SCE_2 : 12,384$

$$\mu_{\text{obs}} = \frac{|28,96 - 26,61|}{\sqrt{\frac{0,237 + 12,384}{90}}} = 6,28$$

$$k = \frac{\left[ \frac{0,237}{90} + \frac{12,384}{90} \right]^2}{\frac{1}{9} \left[ \left( \frac{0,237}{90} \right)^2 + \left( \frac{12,384}{90} \right)^2 \right]} = 9$$

$$LC = (26,61 - 28,96) \pm 6,94 \sqrt{\frac{0,237 + 12,384}{10(10-1)}} = -3,75 \text{ et } -1,97$$

### Moyenne

Forêt :  $\Sigma : 26,6$  ;  $\bar{X}_1 : 26,60$  ;  $SCE_1 : 0,18$

Jachère :  $\Sigma : 285,4$  ;  $\bar{X}_2 : 28,54$  ;  $SCE_2 : 7,104$

$$\mu_{\text{obs}} = \frac{|28,54 - 26,60|}{\sqrt{\frac{0,18 + 7,104}{90}}} = 6,83$$

$$k = \frac{\left[ \frac{0,18}{90} + \frac{7,104}{90} \right]^2}{\frac{1}{9} \left[ \left( \frac{0,18}{90} \right)^2 + \left( \frac{7,104}{90} \right)^2 \right]} = 9$$

$$LC = (26,60 - 28,54) \pm 6,83 \sqrt{\frac{0,18 + 7,104}{10(10-1)}} = -2,68 \text{ et } 1,2.$$

### 1.3. Températures moyennes

Emplacement	Transect 1		Transect 2		$\bar{x}$	
	Forêt	Jachère	Forêt	Jachère	Forêt	Jachère
1	23.9	23.9	23.9	24.0	23.9	24.0
2	23.8	24.0	23.8	24.0	23.8	24.0
3	23.8	24.2	23.8	24.3	23.8	24.3
4	23.8	24.2	23.9	24.3	23.9	24.3
5	23.7	24.3	23.9	24.6	23.8	24.5
6	23.7	24.4	23.8	24.6	23.8	24.5
7	23.7	24.4	23.9	24.8	23.8	24.6
8	23.7	24.4	23.9	25.4	23.8	24.9
9	23.7	24.5	23.8	25.2	23.8	24.9
10	23.7	24.0	23.9	25.0	23.8	24.9

#### Transect 1 :

Forêt :  $\Sigma : 237,5$  ;  $\bar{X}_1 : 23,75$  ;  $SCE_1 : 0,045$

Jachère :  $\Sigma : 243,1$  ;  $\bar{X}_2 : 24,31$  ;  $SCE_2 : 0,589$

$$\mu_{\text{obs}} = \frac{|24,31 - 23,75|}{\sqrt{\frac{0,045 + 0,589}{10(10-1)}}} = 6,67$$

$$k = \frac{\left[ \frac{0,045}{10(10-1)} + \frac{0,589}{10(10-1)} \right]^2}{\frac{1}{9} \left[ \frac{0,045}{10(10-1)} \right]^2 + \frac{1}{9} \left[ \frac{0,589}{10(10-1)} \right]^2} = 10$$

$$LC = (23,75 - 24,31) \pm 2,228 \sqrt{\frac{0,045 + 0,589}{10(10-1)}} = -0,74 \text{ et } -0,38$$



### Transect 2 :

Forêt :  $\Sigma : 238,6$  ;  $\bar{X}_1 : 23,86$  ;  $SCE_1 : 0,024$

Jachère :  $\Sigma : 246,2$  ;  $\bar{X}_2 : 24,62$  ;  $SCE_2 : 2,096$

$$\mu_{\text{obs}} : \frac{|24,62 - 23,86|}{\sqrt{\frac{0,024 + 2,096}{10(10-1)}}} = 5,0$$

$$k = \frac{\left[ \frac{0,024}{90} + \frac{2,096}{90} \right]^2}{\frac{1}{9} \left[ \left( \frac{0,024}{90} \right)^2 + \left( \frac{2,096}{90} \right)^2 \right]} = 9$$

$$LC = (23,86 - 24,62) \pm 2,262 \sqrt{\frac{0,024 + 2,096}{10(10-1)}} = -0,9 \text{ et } -0,22$$

### Moyenne

Forêt :  $\Sigma : 238,2$  ;  $\bar{X}_1 : 23,82$  ;  $SCE_1 : 0,016$

Jachère :  $\Sigma : 244,9$  ;  $\bar{X}_2 : 24,49$  ;  $SCE_2 : 2,2088$

$$\mu_{\text{obs}} : \frac{|24,49 - 23,82|}{\sqrt{0,016 + 2,2088}} = 4,26$$

$$k = \frac{\left[ \frac{0,016}{10(10-1)} + \frac{2,2088}{10(10-1)} \right]^2}{\frac{1}{9} \left[ \left( \frac{0,016}{90} \right)^2 + \left( \frac{2,2088}{90} \right)^2 \right]} = 9$$

$$LC = (23,82 - 24,49) \pm 2,262 \sqrt{\frac{0,016 + 2,2088}{10(10-1)}} = -1,02 \text{ et } -0,32$$

#### 1.4. Amplitude thermique

Emplacement	Transect 1		Transect 2		<del>X</del>	
	Forêt	Jachère	Forêt	Jachère	Forêt	Jachère
1	5.6	6.4	6.2	5.7	5.9	6.1
2	5.6	6.7	5.8	8.6	5.7	7.7
3	5.5	6.9	5.6	7.9	5.6	7.4
4	5.3	7.2	5.5	7.2	5.4	7.2
5	5.1	6.8	5.5	8.2	5.3	7.5
6	5.7	7.8	5.4	9.2	5.6	8.5
7	5.8	8.2	5.6	9.9	5.7	9.1
8	5.8	7.8	5.4	10.3	5.6	9.1
9	5.7	8.2	5.2	10.3	5.5	9.3
10	5.7	9.4	5.1	9.8	5.4	9.6

#### Transect 1 :

Forêt :  $\Sigma : 55,8$  ;  $\bar{X}_1 : 5,58$  ;  $SCE_1 : 0,456$

Jachère :  $\Sigma : 75,4$  ;  $\bar{X}_2 : 7,54$  ;  $SCE_2 : 7,544$

$$\mu_{\text{obs}} = \frac{|7,54 - 5,58|}{\sqrt{\frac{0,456 + 7,544}{90}}} = 6,57$$

$$k = \frac{\left[ \frac{0,456}{90} + \frac{7,544}{90} \right]^2}{\frac{1}{9} \left( \frac{0,456}{90} + \frac{7,544}{90} \right)^2} = 10$$

$$LC = (5,58 - 7,54) \pm 2,228 \sqrt{\frac{0,456 + 7,544}{10(10 - 1)}} = -2,62 \text{ et } -1,3.$$

**Transect 2 :**Forêt :  $\Sigma : 55,3$  ;  $\bar{X}_1 : 5,53$  ;  $SCE_1 : 0,861$ Jachère :  $\Sigma : 89,1$  ;  $\bar{X}_2 : 8,81$  ;  $SCE_2 : 20,569$ 

$$\mu_{\text{obs}} = \frac{|8,91 - 5,53|}{\sqrt{\frac{0,861 + 20,59}{90}}} = 6,94$$

$$k = \frac{\left[ \frac{0,861}{90} + \frac{20,569}{90} \right]^2}{\frac{1}{9} \left[ \left( \frac{0,81}{90} \right)^2 + \left( \frac{20,569}{90} \right)^2 \right]} = 9$$

$$LC = (5,53 - 8,81) \pm 2,262 \sqrt{\frac{0,861 + 20,569}{10(10-1)}} = -4,48 \text{ et } -2,28$$

**Moyenne**Forêt :  $\Sigma : 55,7$  ;  $\bar{X}_1 : 5,57$  ;  $SCE_1 : 0,281$ Jachère :  $\Sigma : 81,5$  ;  $\bar{X}_2 : 8,15$  ;  $SCE_2 : 11,645$ 

$$\mu_{\text{obs}} = \frac{|8,15 - 5,57|}{\sqrt{\frac{0,281 + 11,645}{10(90)}}} = 7,03$$

$$k = \frac{\left[ \frac{0,281 + 11,645}{90} \right]^2}{\frac{1}{9} \left[ \left( \frac{0,281}{90} \right)^2 + \left( \frac{11,65}{90} \right)^2 \right]} = 9$$

$$LC = (5,57 - 8,15) \pm 2,262 \sqrt{\frac{0,281 + 11,645}{10(10-1)}} = -3,4 \text{ et } -1,76$$

## ANNEXE 2 : MOYENNES MOBILES

### 2.1. Températures minima, maxima, moyennes, amplitude thermique (°C) en forêt.

Mois	Minima		Maxima		Moyenne		Amplitude thermique	
	$\bar{X}$ arith	$\bar{X}$ mob	$\bar{X}$ arith	$\bar{X}$ mob	$\bar{X}$ arith	$\bar{X}$ mob	$\bar{X}$ arith	$\bar{X}$ mob
1	20.5	...	30.7	...	25.6	...	10.1	...
2	20.7	20.7	29.3	29.9	25.0	25.1	8.6	9.1
3	20.6	20.6	29.6	28.8	24.7	24.5	9.0	8.2
4	20.3	20.3	27.3	28.1	23.8	24.0	7.0	7.8
5	20.0	20.1	27.4	27.5	23.7	23.8	7.4	7.4
6	20.1	...	27.8	...	23.9	...	7.7	...

### 2.2. Températures minima, maxima, moyennes, amplitude thermique (°C) en jachère

Mois	Minima		Maxima		Moyenne		Amplitude thermique	
	$\bar{X}$ arith	$\bar{X}$ mob	$\bar{X}$ arith	$\bar{X}$ mob	$\bar{X}$ arith	$\bar{X}$ mob	$\bar{X}$ arith	$\bar{X}$ mob
1	20.6	...	30.7	...	25.6	...	10.1	...
2	20.7	20.7	29.3	29.9	25.0	25.1	8.6	9.1
3	20.6	20.6	29.6	28.8	24.7	24.5	9.0	8.2
4	20.3	20.3	27.3	28.1	23.8	24.0	7.0	7.8
5	20.0	20.1	27.4	27.5	23.7	23.8	7.4	7.4
6	20.1	...	27.8	...	23.9	...	7.7	...

## ANNEXE 3: MOYENNES MOBILES

### 3.1. Moyennes des températures minima, maxima et moyennes et forêt

Mois	Minima		Maxima :		Moyennes	
	°C	Moy.mob (m=3)	°C	Moy.mob (m=3)	°C	Moy.mob (m=3)
1	21.2	...	28.4	...	24.8	...
2	21.5	21.4	27.5	27.5	24.5	24.4
3	21.4	21.3	26.4	26.5	23.9	23.9
4	21.1	21.0	25.4	25.8	23.3	23.4
5	20.4	20.6	25.5	25.8	22.9	23.2
6	20.3	...	26.3	...	23.3	...

### 3.2. Moyennes des températures minima, maxima et moyennes en jachère.

Mois	Minima		Maxima		Moyennes	
	°C	Moy.mob (m=3)	°C	Moy.mob (m=3)	°C	Moy.mob (m=3)
1	20.6	...	30.7	...	25.6	...
2	20.7	20.7	29.3	29.9	25.0	25.1
3	20.6	20.6	29.6	28.8	24.7	24.5
4	20.3	20.3	27.3	28.1	23.8	24.0
5	20.0	20.1	27.4	27.5	23.7	23.8
6	20.4	...	27.8	...	23.9	...

**ANNEXE 4: Température moyenne journalière (°C) dans les différents emplacements de thermomètres équidistants de 16 mètres dans la forêt (Transect 1).**

E	M °C	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$	$\bar{X}$	$\bar{X}_{F_2}$
1	Min	21.4	21.5	21.6	21.4	20.3	20.4	126.6	21.1	23.9
	Max	28.6	27.7	26.4	25.2	25.5	26.4	159.8	26.7	
	Moy	25.0	24.6	24.0	23.3	22.9	23.4	143.2	23.9	
2	Min	21.5	21.2	21.5	21.2	20.2	20.4	126.0	21.0	23.8
	Max	28.3	27.8	26.1	25.4	25.5	26.6	159.7	26.6	
	Moy	24.9	24.5	23.8	23.3	22.7	23.5	142.7	23.8	
3	Min	21.3	21.4	21.3	21.2	20.4	20.3	125.9	21.0	23.8
	Max	28.5	27.4	26.5	25.6	24.8	26.1	158.9	26.5	
	Moy	24.9	24.4	23.9	23.4	22.6	23.2	142.4	23.8	
4	Min	21.4	21.5	21.7	21.2	20.4	20.4	126.6	21.1	23.8
	Max	28.2	27.5	25.9	25.2	25.2	26.4	158.4	26.4	
	Moy	24.8	24.5	23.8	23.2	22.8	23.4	142.5	23.8	
5	Min	21.5	21.5	21.4	21.3	20.5	20.4	126.6	21.1	23.7
	Max	28.1	27.1	26.0	25.1	24.1	26.6	157.0	26.2	
	Moy	24.8	24.3	23.7	23.2	22.3	23.5	141.8	23.7	
6	Min	21.4	21.4	21.5	20.4	20.3	20.2	125.2	20.9	23.7
	Max	28.4	27.4	25.7	25.8	25.3	26.6	159.2	26.6	
	Moy	24.9	24.4	23.6	23.1	22.8	23.4	142.2	23.7	
7	Min	21.2	21.4	21.6	20.3	20.2	20.1	124.8	20.8	23.7
	Max	28.6	27.4	26.2	25.7	25.0	26.3	159.2	26.6	
	Moy	24.8	24.4	23.9	23.0	22.6	23.2	141.9	23.7	
8	Min	21.3	21.5	21.4	20.4	20.3	20.0	124.9	20.8	23.7
	Max	28.3	27.5	26.0	25.8	25.5	26.2	159.3	26.6	
	Moy	24.8	24.5	23.7	23.1	22.9	23.1	142.1	23.7	
9	Min	21.4	21.3	21.4	20.4	20.3	20.1	124.9	20.8	23.7
	Max	28.2	27.5	25.8	26.0	25.3	26.3	159.1	26.5	
	Moy	24.8	24.4	23.6	23.2	22.8	23.2	142.0	23.7	
10	Min	21.3	21.2	21.4	20.3	20.2	20.2	124.6	20.8	23.7
	Max	28.3	27.4	25.6	26.1	25.0	26.6	159.0	26.5	
	Moy	24.8	24.3	23.5	23.2	22.6	23.4	141.8	23.7	
$\bar{X}_{F_2}$	Min	21.3	21.6	21.6	21.1	20.4	20.3	126.3	21.1	23.8
	Max	28.4	27.2	26.0	25.3	25.4	26.3	158.6	26.5	
	Moy	24.9	24.4	23.8	23.2	22.7	23.3	142.3	23.8	

**ANNEXE 5: Température moyenne journalière (°C) dans les différents emplacements  
de thermomètres équidistants de 16 mètres dans la forêt (transect 2).**

E	M °C	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$	$\bar{X}$	$\bar{X}_{F_1}$
1	Min	21.1	21.3	21.1	21.0	20.3	20.1	124.9	20.8	23.9
	Max	28.4	27.9	27.1	25.8	25.9	26.5	161.6	27.0	
	Moy	24.8	24.6	24.1	23.4	23.1	23.3			
2	Min	21.0	21.2	21.2	21.3	20.4	20.2	125.3	20.9	23.8
	Max	28.4	27.8	26.8	25.1	25.6	26.2	159.9	26.7	
	Moy	24.7	24.5	24.0	23.2	23.0	23.2			
3	Min	21.2	21.2	21.3	21.2	20.5	20.4	125.8	21.0	23.9
	Max	28.2	27.8	26.7	25.2	25.9	25.8	159.6	26.7	
	Moy	24.7	24.5	24.0	23.2	23.2	23.1			
4	Min	21.3	21.4	21.2	21.5	20.6	20.5	126.5	21.0	23.9
	Max	27.7	28.2	26.6	25.1	25.6	26.1	159.3	26.6	
	Moy	24.5	24.8	23.9	23.3	23.1	23.3			
5	Min	21.5	21.4	21.4	21.2	20.5	20.6	126.6	21.1	23.8
	Max	27.3	28.0	26.8	25.2	25.7	26.2	159.2	26.6	
	Moy	24.4	24.7	24.1	23.2	23.1	23.4			
6	Min	21.3	21.4	21.2	21.3	20.6	20.5	126.3	21.1	23.9
	Max	27.9	27.6	27.2	25.1	25.0	26.1	158.9	26.5	
	Moy	24.6	24.5	24.2	23.2	22.8	23.3			
7	Min	21.4	21.3	21.5	21.2	20.5	20.6	126.5	21.1	23.9
	Max	28.4	28.1	26.5	25.4	25.3	26.0	159.7	26.7	
	Moy	24.9	24.7	24.0	23.3	22.9	23.3			
8	Min	21.4	21.5	21.3	21.4	20.5	20.6	126.7	21.2	23.8
	Max	28.2	27.9	26.9	25.0	25.5	25.8	159.3	26.6	
	Moy	24.8	24.7	24.1	23.2	23.0	23.2			
9	Min	21.5	21.6	21.5	21.6	20.5	20.4	127.1	21.2	23.9
	Max	27.7	27.4	26.1	25.0	25.7	26.0	157.9	26.4	
	Moy	24.6	24.5	23.8	23.3	23.1	23.2			
10	Min	21.6	21.5	21.4	21.5	20.2	20.2	126.7	21.2	
	Max	28.0	27.7	25.9	24.9	25.8	26.2	158.5	26.5	
	Moy	24.8	24.6	23.8	23.2	23.0	23.2			
$\bar{X}_{F_2}$	Min	21.1	21.3	21.1	21.1	20.4	20.3			
	Max	28.2	27.8	26.8	25.4	25.6	26.3			
	Moy	24.7	24.6	24.0	23.3	23.0	23.3			

**ANNEXE 6: Température moyenne journalière (°C) dans les différents emplacements  
de thermomètres équidistants de 16 mètres dans la lisière forêt (transect 1)**

E	M °C	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$	$\bar{X}$	$\bar{X} F_1$
1	Min	21.2	21.1	20.9	20.4	20.2	20.0	123.8	20.7	23.9
	Max	29.1	27.5	27.3	26.2	26.2	26.4	162.7	27.1	
	Moy	25.2	24.3	24.1	23.3	23.2	23.2	143.3	23.9	
2	Min	21.0	21.1	21.0	20.9	20.2	20.1	124.3	20.7	24.0
	Max	29.6	27.9	27.6	25.9	26.4	26.7	164.1	27.4	
	Moy	25.3	24.5	24.3	23.4	23.3	23.4	143.9	24.0	
3	Min	20.5	21.2	20.9	20.2	20.3	20.0	123.1	20.5	24.2
	Max	30.2	28.0	27.5	26.6	26.7	27.2	166.2	27.4	
	Moy	25.4	24.6	24.2	23.4	23.5	23.6	144.7	24.2	
4	Min	21.1	21.0	20.9	20.3	20.1	20.1	123.5	20.6	24.2
	Max	29.5	28.4	27.3	26.9	27.3	27.1	166.5	27.8	
	Moy	25.3	24.7	24.2	23.6	23.7	23.6	144.8	24.2	
$\bar{X} F_2$	Min	21.0	21.1	21.0	20.5	20.2	20.0	123.8	20.7	24.1
	Max	29.6	28.0	27.4	26.4	26.7	26.9	165.0	27.5	
	Moy	25.3	24.6	24.2	23.5	23.5	23.5	144.6	24.1	



**ANNEXE 7 : Température moyenne journalière (°C) dans les différents emplacements de thermomètres équidistants de 16 mètres dans la lisière forêt (Transect 2).**

E	M °C	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$	$\bar{X}$	$\bar{X} F_2$
1	Min	21.2	21.5	21.0	21.7	20.7	20.4	126.5	21.1	24.0
	Max	28.6	27.7	27.4	25.1	25.9	26.0	160.7	26.8	
	Moy	24.9	24.6	24.2	23.4	23.3	23.2	143.6	24.0	
2	Min	20.1	20.0	20.2	20.0	19.0	18.8	118.1	19.7	24.0
	Max	29.9	29.0	27.8	27.4	27.6	28.0	169.7	28.3	
	Moy	25.0	24.5	24.0	23.7	23.3	23.4	143.9	24.0	
3	Min	20.2	20.3	20.3	21.0	20.0	20.2	122.1	20.4	24.3
	Max	30.0	29.6	29.1	26.6	27.2	26.8	169.3	28.3	
	Moy	25.1	24.8	24.7	23.8	23.6	23.5	145.5	24.3	
$\bar{X} F_2$	Min	20.5	20.0	20.5	20.9	19.9	19.8	145.5	24.3	24.1
	Max	29.4	29.4	28.1	26.4	27.0	27.0	167.3	27.9	
	Moy	25.0	24.7	24.3	23.7	23.4	23.4	144.5	24.1	

**ANNEXE 8: Température moyenne journalière (°C) dans les différents emplacements de thermomètres équidistants de 16 mètres dans la lisière jachère (Transect 1).**

E	M °C	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$	$\bar{X}$	$\bar{X} Y_1$
1	Min	21.3	22.0	21.5	19.9	19.9	20.8	125.4	20.9	24.3
	Max	29.7	28.4	26.5	26.2	27.2	28.0	166.0	27.7	
	Moy	25.5	25.2	24.0	23.1	23.6	24.4	145.4	24.3	
2	Min	21.0	20.1	21.3	19.9	19.9	20.6	122.8	20.5	24.4
	Max	30.5	28.2	28.8	27.0	27.1	27.9	169.5	28.3	
	Moy	25.8	24.2	25.1	23.5	23.5	24.3	146.4	24.4	
3	Min	20.2	20.2	20.3	20.1	20.0	20.5	121.3	20.3	24.4
	Max	30.5	28.5	28.3	27.6	27.5	28.1	170.5	28.5	
	Moy	25.4	24.4	24.3	23.9	23.8	24.3	146.1	24.4	
4	Min	20.3	20.3	21.5	20.4	20.0	20.5	123.0	20.5	24.4
	Max	30.5	28.6	28.4	26.5	27.4	28.4	169.7	28.3	
	Moy	25.4	24.5	25.0	23.5	23.7	24.5	146.6	24.4	
5	Min	20.0	20.4	21.7	20.0	19.5	20.3	122.1	20.4	24.5
	Max	30.2	29.6	28.8	27.0	27.8	28.4	171.6	28.6	
	Moy	25.1	24.8	25.3	23.5	23.7	24.4	146.8	24.5	
$\bar{X}_{F_2}$	Min	20.6	20.6	21.3	20.1	19.9	20.1	122.6	20.5	24.4
	Max	30.3	28.7	28.2	26.9	27.4	27.7	169.2	28.2	
	Moy	25.5	24.7	24.8	23.5	23.7	23.9	146.1	24.4	

**ANNEXE 9: Température moyenne journalière (°C) dans les différents emplacements de thermomètres équidistants de 16 mètres dans la lisière jachère (Transect 2).**

E	M °C	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$	$\bar{X}$	$\bar{X} Y_2$
1	Min	20.6	21.5	21.0	20.4	20.3	20.2	124.0	20.7	24.3
	Max	30.8	28.9	27.8	27.2	26.3	26.2	167.2	27.9	
	Moy	25.7	25.2	24.4	23.8	23.3	23.2	145.6	24.3	
2	Min	20.4	21.2	20.6	20.3	20.3	19.9	122.7	20.5	24.6
	Max	32.0	29.6	28.6	27.8	26.7	27.1	171.8	28.7	
	Moy	26.2	25.4	24.6	23.9	23.5	23.5	147.1	24.6	
3	Min	20.4	20.1	20.2	20.0	19.2	20.0	119.9	20.0	24.6
	Max	31.4	30.3	30.0	28.0	28.2	27.2	175.1	29.2	
	Moy	25.9	25.2	25.1	24.0	23.7	23.6	147.5	24.6	
4	Min	20.2	20.0	20.2	20.1	19.0	19.1	118.6	19.8	24.8
	Max	31.8	31.0	30.4	28.1	28.8	28.3	177.9	29.7	
	Moy	26.0	25.5	25.3	24.1	23.9	23.7	148.5	24.8	
$\bar{X} F_2$	Min	20.4	20.7	20.5	20.2	19.7	19.8	121.3	20.3	24.6
	Max	31.6	30.0	29.2	27.8	27.2	27.2	173.0	28.9	
	Moy	26.0	25.4	24.9	24.0	23.4	23.5	147.2	24.6	

**ANNEXE 10 : Température moyenne journalière (°C) dans les différents emplacements  
de thermomètres équidistants de 16 mètres dans la jachère (Transect 1).**

E	M °C	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$	$\bar{X}$	$\bar{X} Y_1$
1	Min	20.4	20.5	20.3	19.8	19.7	19.6	120.3	20.1	24.8
	Max	31.4	30.1	29.0	28.1	28.5	29.6	176.7	29.5	
	Moy	25.9	25.3	24.7	24.0	24.1	24.6	148.6	24.8	

**ANNEXE 11 : Température moyenne journalière (°C) dans les différents emplacements  
de thermomètres équidistants de 16 mètres dans la jachère (Transect 2).**

E	M °C	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$	$\bar{X}$	$\bar{X}_{J_2}$
1	Min	20.7	20.5	20.2	20.0	19.8	19.8	121.0	20.2	25.4
	Max	32.9	31.7	30.2	29.4	28.6	29.8	182.6	30.5	
	Moy	26.8	26.1	25.2	24.7	24.2	24.8	151.8	25.3	
2	Min	20.5	20.4	20.1	19.8	19.6	19.6	120.0	20.0	25.2
	Max	32.5	31.6	30.1	29.2	28.6	29.4	181.4	30.3	
	Moy	26.5	26.0	25.1	24.5	24.1	24.5	150.7	25.2	
3	Min	20.6	20.4	20.1	19.8	19.5	19.9	120.3	20.1	25.0
	Max	32.2	31.4	29.7	28.6	28.5	28.9	179.3	29.9	
	Moy	26.4	25.9	24.9	24.2	24.0	24.4	149.8	25.0	
$\bar{X}_{J_2}$	Min	20.6	20.5	20.2	19.9	19.5	19.7	120.4	20.1	25.2
	Max	32.5	31.4	29.9	29.0	28.6	29.4	180.8	30.2	
	Moy	26.6	26.0	25.1	24.5	24.1	24.6	150.9	25.2	

Légende : M : Mois

E : Emplacement des thermomètres

°C : Température en degré Celsius

$\bar{X}_{J_2}$  : moyenne journalière de température en jachère du second transect.

**ANNEXE 12 a: Analyse de la variance de température minima (°C)**

Zones d'occupation Mois	Forêt	Lisière forêt	Lisière jachère	Jachère	Total
1	21.2	20.8	20.5	20.5	
2	21.5	20.6	20.7	20.5	
3	21.4	20.8	20.9	20.3	
4	21.1	20.7	20.2	19.9	
5	20.4	20.1	19.8	19.6	
6	20.3	19.9	20.0	19.7	
$n_i$	6	6	6	6	24.0
$X_i$	125.9	122.9	122.1	120.5	491.4
$\Sigma X_i^2$	2653,11	2548,15	2485,63	2420,85	10067,74
$X_i^2/n_i$	2641,81	2517,41	2484,74	2420,04	-
SCE <sub>i</sub>	1.3	0.74	0.89	0.81	3.74
$\bar{X}$	21.0	20.5	20.4	20.1	$\bar{X}_g: 20.5$

TC : 10061,42

**12b :Résumé de l'ANOVA (température minima °C)**

Sources de variation	ddl	SCE	CM	F	
				Calc.	Tabl
Entre zones d'occupations	3	2.59	0.87	4.58	3.10
Dans les zones d'occupations	20	3.73	0.19		
Totaux	23	6.32			

$$S_d = \sqrt{\frac{2 \times 0.19}{6}} = 0.3$$

$$CV = \frac{0.3 \times 100}{20.5} = 1.47\%$$

P.p.d.s. : 0.5% = 2.09 X 0.3°C = 0.7°C

1% = 2.84 X 0.3°C = 0.9°C

0.1% = 3.8 X 0.3°C = 1.1°C

**12c. Seuil de signification (température minima)**

---

	<b>Forêt</b>	<b>Lisière forêt</b>	<b>Lisière jachère</b>	<b>Jachère</b>
°C	21.0	20.4	20.4	20.1
21.0		0.7	0.7	0.9
20.4			0.0	0.3
20.4				
20.1				

---

**ANNEXE 13a : Analyse de la variance des températures maxima**

Zones d'occupation Mois	Forêt	Lisière forêt	Lisière jachère	Jachère	Total
1	28.3	29.5	31.0	32.0	
2	27.5	28.8	29.4	30.8	
3	26.4	27.8	28.7	29.5	
4	25.4	26.4	27.4	28.6	
5	25.5	26.9	27.4	28.6	
6	26.3	27.0	27.5	29.5	
$n_i$	6	6	6	6	24.0
$X_i$	159.4	166.4	171.4	179.0	676,2
$\Sigma X_i^2$	4241,2	4622,1	4906,82	5349,06	19119,18
$X_i^2/n$	4234,73	4614,83	4896,33	5340,17	-
$SCE_i$	6.47	7,27	10,49	8,89	33.12
$\bar{X}_i$	26.6	27,8	28,6	29,9	$\bar{X}_g : 28.2$

$\bar{X}_g = 28.2$

TC : 19051,94

SCE <sub>Totaux</sub> : 67,24



### 13b. Résumé de l'ANOVA (température maxima)

Sources de variation	ddl	SCE	CM	F	
				Calc.	Tabl5%
Entre zones d'occupations	3	34.12	11.38	6.86	
Dans les zones d'occupations	20	33.12	1.66		
Totaux	23	67.24			

$$S_d = \sqrt{\frac{2 \times 1.66}{6}} = 0.8^\circ\text{C}$$

$$\text{CV} (\%) = \frac{0.8 \times 100}{28.2} = 2.84$$

P.p.d.s. :

$$5\% : 2.09 \times 0.8^\circ\text{C} = 1.7^\circ\text{C}$$

$$1\% : 2.84 \times 0.8^\circ\text{C} = 2.3^\circ\text{C}$$

$$0.1\% : 3.85 \times 0.8^\circ\text{C} = 3.1^\circ\text{C}$$

### 13c. Seuil de signification (température maxima : °C)

	Jachère	Lisière jachère	Lisière forêt	Forêt
°C	29.9	28.6	27.8	26.6
29.9		1.3 <sup>n.s.</sup>	0.7	3.3 <sup>***</sup>
28.6			0.0	2.0 <sup>*</sup>
27.8				1.2 <sup>n.s.</sup>
26.6				

**ANNEXE 14a : Analyse de la variance des températures moyennes**

Zones d'occupation Mois	Forêt	Lisière forêt	Lisière jachère	Jachère	Total
1	24.8	25.2	25.8	26.3	
2	24.5	24.7	25.1	25.7	
3	23.9	24.3	24.9	24.9	
4	23.3	23.6	23.8	24.3	
5	22.9	23.5	23.7	24.1	
6	23.3	23.5	23.7	24.6	
$n_i$	6	6	6	6	24.0
$X_i$	142,7	144,8	147,0	149,9	584,4
$\Sigma X_i^2$	3396,69	3497,08	3605,48	3748,65	14247,9
$X_i^2/n$	3393,89	3494,51	3601,50	3745,01	-
SCE <sub>i</sub>	2,8	2,57	3,98	3,64	12,99
$\bar{X}_i$	23,8	24,2	24,5	25,0	$\bar{X}_g$ : 28.2

$\bar{X}_g$  : 28,2

TC : 13272,81

SCE totaux : 17,76

**14b. Résumé de l'ANOVA (températures moyennes)**

Sources de variation	ddl	SCE	CM	F	
				Calc.	Tab5%
Entre zones d'occupations	3	4,77	1,59	2,45 <sup>n.s</sup>	3.10
Dans les zones d'occupations	20	12,99	0,65		
Totaux	23	17,76			

$$S_d = \sqrt{\frac{2 \times 0.65}{6}} = 0.5$$

$$CV : \frac{0.5 \times 100}{24.4} = 2.05\%$$

**ANNEXE 15a : Analyse de la variance des amplitudes thermiques**

Zones d'occupation Mois	Forêt	Lisière forêt	Lisière jachère	Jachère	Total
1	7.1	8.8	10.5	11.5	
2	6.1	8.2	8.7	10.3	
3	5.1	7.0	7.8	9.2	
4	4.3	5.7	7.7	8.7	
5	5.1	6.8	7.6	9.0	
6	6.0	7.1	7.5	9.9	
$n_i$	6	6	6	6	24.0
$X_i$	33,7	43,6	49,8	58,60	185,7
$\Sigma X_i^2$	194,13	322,82	420,08	577,68	1514,71
$X_i^2/n$	189,29	316,83	413,34	572,33	-
SCE <sub>i</sub>	4,84	5,99	6,74	5,35	22,92
$\bar{X}_i$	5,62	7,27	9,80	8,30	

$\bar{X}_g : 7.74$

TC : 1436,86

SCE<sub>totaux</sub> : 77,85

**15b. Résumé de l'ANOVA (amplitude thermique : °C)**

Sources de variation	ddl	SCE	CM	F	
				Calc.	Tabl5%
Entre zones d'occupations	3	54.93	18.31	12.99	3.10
Dans les zones d'occupations	20	22.92	1.41		
Totaux	23	77.85			

$$S_d : \sqrt{\frac{2 \times 1.41}{6}} = 0.7$$

$$CV : \frac{0.7 \times 100}{7.74} = 9.1\%$$

P.p.d.s :

5% :  $2.09 \times 0.7^\circ\text{C} = 1.5^\circ\text{C}$ . 1% :  $2.84 \times 0.7^\circ\text{C} = 2.0^\circ\text{C}$ . 0.1% :  $3.8 \times 0.7^\circ\text{C} = 2.7$

### 15c. Seuil de signification (amplitude thermique)

	Jachère	Lisière jachère	Lisière forêt	Forêt
°C	9.8	8,3	7,2	5,6
29.9		1,5*	2,6**	3.2***
28.6			1,1 <sup>n.s</sup>	2,7**
27.8				1,6**
26.6				

**ANNEXE 16: Synthèse températures minima, maxima, moyennes et amplitude thermique (°C) dans les différentes zones d'occupation.**

Mois	Transect	Forêt				Lisière forêt				Lisière jachère				Jachère			
		Min	Max	Moy.	Ampl	Min	Max	Moy.	Ampl	Min	Max	Moy.	Ampl	Min	Max	Moy.	Ampl
1	1	21.3	28.4	24.9	7.1	21.0	29.6	25.3	8.6	20.6	30.3	25.5	9.7	20.4	31.4	25.9	11.0
	2	21.1	28.2	24.7	7.1	20.5	29.4	25.0	8.9	20.4	31.6	26.0	11.2	20.6	32.5	26.6	11.9
2	1	21.6	27.2	24.4	5.6	21.1	28.1	24.6	7.0	20.6	28.7	24.7	8.1	20.5	30.1	25.3	9.6
	2	21.3	27.8	24.6	6.5	20.0	29.4	24.7	9.4	20.7	30.0	25.4	9.3	20.5	31.4	26.0	10.9
3	1	21.6	26.0	23.8	4.4	21.0	27.4	24.2	6.4	21.3	28.2	24.8	6.9	20.3	29.0	24.7	8.7
	2	21.1	26.8	24.0	5.7	20.5	28.1	24.3	7.6	20.5	29.2	24.9	8.7	20.2	29.9	25.1	9.7
4	1	21.1	25.3	23.2	4.2	20.5	26.4	23.5	5.9	20.1	26.9	23.5	6.8	19.8	28.1	24.0	8.3
	2	21.1	25.4	23.3	4.3	20.9	26.4	23.7	5.5	20.2	27.8	24.0	7.6	19.9	29.0	24.5	9.1
5	1	20.4	25.4	22.7	5.0	20.2	26.7	23.5	6.5	19.9	27.4	23.7	7.5	19.7	28.5	24.1	8.8
	2	20.4	25.6	23.0	5.2	19.9	27.0	23.4	7.1	19.7	27.4	23.6	7.7	19.5	28.6	24.1	9.1
6	1	20.3	26.3	23.3	6.0	20.0	26.9	23.5	6.9	20.1	27.7	23.9	7.6	19.6	29.6	24.6	10.0
	2	30.3	26.3	23.3	6.0	19.8	27.0	23.4	7.2	19.8	27.2	23.5	7.4	19.7	29.4	24.6	9.7
<b>Moyenne semestrielle</b>	1	21.1	26.5	23.8	5.4	20.7	27.6	24.2	6.9	20.5	28.2	24.4	7.7	20.1	29.5	24.8	9.4
	2	20.9	26.7	23.8	5.8	20.3	27.9	24.1	7.6	20.3	28.9	24.6	8.7	20.1	30.2	25.2	10.1
<b>Moyennes de deux transects</b>		21.0	26.6	23.8	5.6	20.5	27.8	24.2	7.3	20.4	28.6	24.5	8.2	20.1	29.8	25.0	9.7

## ERRATA

Pg 15 ; §2, ligne 2 : lire telle que au lieu de tels que

Pg 19 ; 2.3.1. Climat ; §3, ligne 2 : lire : pendant la période de 9 ans (1997-2006, exception de 2003 ; faute de données) au lieu de pendant la période de nos observations (mars-septembre 2007)

Pg 28 : 2.3.7.2. Estimation de la hauteur des groupements végétaux

2° ; ligne 1 : lire (rectangle pour notre cas) au lieu de (équilatéral pour notre cas)

3° ; ligne 1 : lire triangle rectangle au lieu de triangle équilatéral

Pg 34 ; Tableau 2 ; colonne 2 : lire *Guarea laurentii* au lieu de lieu de *Gaurea claurentii*

Pg 35 ; « Tableau 2 : suite » ; colonne 2 : 9<sup>ème</sup> nom : lire *Ricinodendron heudelstii* au lieu de *Ricinodendron heudotii* ; colonne 3 ; 3<sup>ème</sup> nom : lire *Caloncoba welwitschii* au lieu de *Caloncoba welwitshi*.

Pg 36 ; « Tableau 2 : suite » : colonne 3 : 9<sup>ème</sup> nom : lire : *Maracanga spinosa* au lieu de *Macaranga laurentii*

Pg 37 ; « Tableau 2 : suite » : colonne 3 : 9<sup>ème</sup> nom : lire *Musa sapientum* au lieu de *Musa* tout court

Pg 38 ; §5 ; ligne 5 : lire *Caloncoba welwitschii* au lieu de *Caloncoba welwitsihii*

Pg 41 ; §3 ; ligne 3 : lire KITTREDGE au lieu de KITTREDE ; ligne 5 : lire de Banco et non eBanco

Pg 44 ; Tableau 4 : ligne 1 ; colonne 4, lire to,975 au lieu de to,95 : idem tableau 5(Pg45), 6 (Pg 45), 6(Pg 45), 7(Pg 46)

Ligne 2 : colonne 2 : lire 11 au lieu 11- 9 ; colonne 3 : lire 5,76 au lieu de 5,76- 6,28 ; colonne 4 : lire 0,52 et 1,16 au lieu de 0,52 et 1,15

Pg 45 : Tableau 5 : ligne, colonne 2 : lire 9 au lieu de 13-9

Bas du tableau ; ligne 1 : lire test de Student au lieu de test de Standard

Pg 48 ; §3, ligne 2 : lire correspondent au lieu de correspond

Pg 50 ; §2, ligne 1 : lire ont diminué au lieu de diminuées ; ligne 6 : lire sous jacents au lieu de sous- jacentes

Pg51 ; §1 ; ligne 2 : différents types d'occupation de sol et non différents types de sol tout court

Pg 52 ; §3, ligne 6 : lire MACLVER, 1981 et non MACLEVER, 1981

Pg 57 ; tableau 12 : 4<sup>ème</sup> ligne (Jachère) ; 4<sup>ème</sup> colonne (transect 2) : lire -1 au lieu de 1

Pg 57 ; Ne pas lire le paragraphe repris entre 2 figures 20 et 21

Pg 61 ; §1 ; deuxième transect : Equation : lire :  $Y= 23, 76+0,15X$  au lieu de  $Y= 23, 76 + 0,15$