

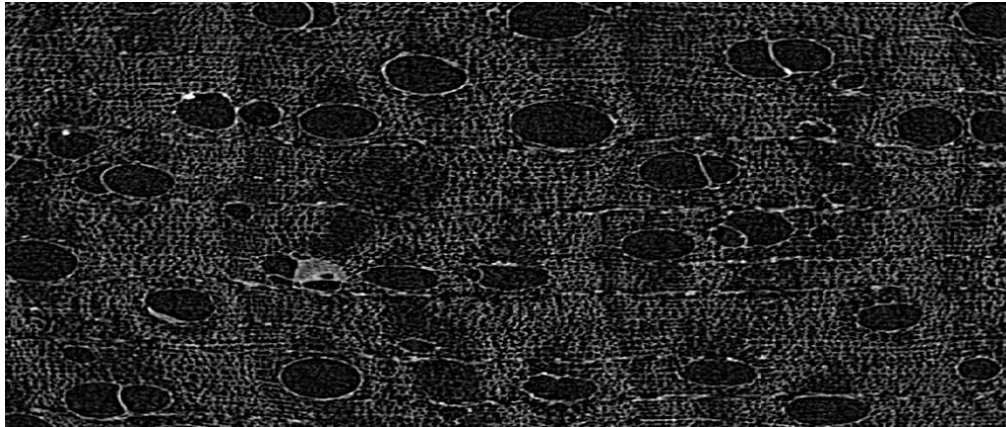
**UNIVERSITE DE KISANGANI**  
**FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

**Option Eaux et Forêts**



BP 2012 KISANGANI

**L'ANTHRACOMASSE DANS LE SOL DES FORETS DENSES**  
**(Cas des Réserves forestières de Masako, Yoko, Yangambi et forêts de Kole,  
Province Orientale, RD Congo)**



**Par**

**John TSHIBAMBA-MUKENDI**

**Mémoire**

Présenté en vue de l'obtention du **Diplôme  
d'Etudes Supérieures** en Aménagement

Durable des Forêts

Promoteur: **Pr Honorine NTAHOBAVUKA (UNIKIS)**

Co-promoteurs: **Pr Charles DE CANNIERE (ULB)**

**Dr Hans BEECKMAN (MRAC)**

**ANNEE ACADEMIQUE 2009-2010**

**EPIGRAPHE**

*La souris à moustaches noires venait d'entrer,  
portant un petit fragment d'un des carreaux du  
couloir de la cuisine qui répandait une vive lueur.*

*Boris Vian (L'écume des jours)*

*A ma famille*

*Mukendi.*

## REMERCIEMENTS

A l'heure où nous mettons la dernière main sur ce travail, nous sentons un réel plaisir doublé de fierté de remercier toutes les personnes qui ont contribué de loin ou de près à sa réalisation. Nous ne citerons pas tout le monde, la liste étant longue. Nous nous en excusons d'avance.

Le mérite revient en premier lieu aux Professeurs Honorine Ntahobavuka, Charles De Canniere, à Docteur Hans Beeckman, aux Doctorants Sabongo Prosper et Hubau Wannas respectivement promoteurs et encadreurs, ils ont daigné diriger ce travail en dépit de leurs calendriers très chargés; leurs expériences et leurs conseils, nous ont été très bénéfiques. Nous leurs exprimons toute notre gratitude.

Nos remerciements vont aussi à l'endroit des Professeurs Jan Bogaert et Mate Jean-Pierre coordonateurs du projet AFORCO; aux professeurs belges et congolais qui ont donné cours dans ce dit projet et qui ont aussi contribué à notre formation. Nos remerciements s'adressent aussi aux autorités académiques de l'Université de Kisangani, et à tout le corps professoral de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani (Professeurs, Chefs de Travaux et Assistants) pour l'étroite collaboration tout au long de notre formation.

Notre gratitude s'adresse au Professeur Kalambayi Moïse, Recteur de l'Université Officielle de Mbuji-Mayi (U.O.M) pour sa volonté et son dévouement accordés à notre modeste personnalité.

La vie solitaire étant difficile à supporter pour tout le monde, nous remercions tous les apprenants Masters AFORCO pour tout le temps passé ensemble en dépit des multiples difficultés endurées.

Enfin, nous devons une grande reconnaissance envers notre famille Mukendi pour leur soutien rendu depuis toujours jusqu'aux jours d'aujourd'hui pour que nous devenions responsable.

## RESUME

Les forêts de la région de Kisangani hébergent une grande potentialité en biodiversité et assurent des grandes fonctions dans le maintien et la stabilité de la nature, dans le stockage de carbone, la purification de l'air, la survie de la population riveraine tant qu'au Congo, en Afrique et dans le monde.

Dans la perspective de la gestion durable de ses fonctions qu'il faut assurer et les besoins humains qu'il faut vraiment satisfaire qui sont deux concepts tout à fait contradictoires sur la forêt; l'étude de l'antracomasse de son sol permet la reconstruction historique de sa végétation ligneuse et son dynamisme au cours du temps, contribue à la banque de données paléoécologiques et ethnobotaniques. Par voie de conséquence, lance une nouvelle vague complexe de recherche par la considération des aspects écologiques, pédologiques, sociaux, anthracologiques et archéologiques de la forêt qui est en perpétuel dynamisme.

En fait, pour bien mener cette étude; nous nous sommes servis de la méthode pédoanthracologique qui consiste à quantifier, identifier voire dater les charbons de bois collectés dans les couches de 10cm de profondeur de chacune de 14 couches d'une fosse pédoanthracologie creusée dans un milieu forestier.

Les charbons de bois sont stratifiés dans presque toutes les couches de la forêt secondaire et superficielle dans la forêt primaire, les poteries collectées et la famille des Fabaceae (Caesalpinaceae) identifiée. Donc cette famille est typiquement caractéristique de la forêt tropicale humide.

**Mots-clés:** Anthracomasse, Anthracologie, Charbon de bois.

## ABSTRACT

The forests of the area of Kisangani lodge a great potentiality in biodiversity and ensure of the great functions in maintains and the stability of nature, in the storage of carbon, the air cleaning, the survival of the bordering population as long as in Congo, in Africa and in the world.

From the point of view of the durable management of its functions that should be ensured and the human needs that it is really necessary to satisfy which are two completely contradictory concepts on the forest; the study of anthracomasse of its ground allows the historical rebuilding of its woody vegetation and its dynamism in the course of time, contributes to the bank of paleoecologic and ethnobotanic data. Consequently, launches a new complex wave of research by the consideration of the aspects ecological, pedological, social, anthracologic and archaeological of the forest which is in perpetual dynamism.

In fact, for undertaking this study well; we were used for ourselves of the pedoanthracologic method which consists in quantifying, even identifying to go back the charcoals collected in the layers to 10cm of depth of each of 14 layers of a pit pedoanthracology dug in a forest medium.

The charcoals are laminated in almost all the layers of the secondary and surface forest in the primary forest, the collected potteries and the identified family of Fabaceae (Caesalpinaceae) Thus this family is typically characteristic of the wet tropical forest.

**Key words:** Anthracomasse, Anthracology, Charcoal.

## TABLE DE MATIERES

EPIGRAPHE .....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT .....	iv
TABLE DE MATIERES .....	v
LISTE DES FIGURES .....	viii
LISTE DES TABLEAUX .....	ix
LISTE DES ANNEXES.....	x
LISTE DES ABREVIATIONS ET DES SIGLES .....	xi
Chapitre 1. INTRODUCTION .....	1
1.1. Choix et intérêt du sujet.....	1
1.2. Etat de la question .....	1
1.3. Problématique.....	2
1.4. Hypothèse.....	3
1.5. Objectifs .....	3
1.5.1. Objectif général .....	3
1.5.2. Objectifs spécifiques .....	4
1.6. Définition des concepts: anthracomasse, pédoanthracologie et poteries.....	4
a) Anthracomasse .....	4
b) Pédoanthracologie .....	4
c) Poteries .....	5
1.7. Provenance des charbons de bois .....	5
1.7.1. Feu.....	5
1.7.2. Rôle des charbons de bois dans les civilisations des peuples.....	6
1.7.3. Déforestation due à l'utilisation des charbons de bois .....	7
1.8. Subdivision du travail.....	7

1.9. Milieu d'étude .....	7
1.7.2. MASAko.....	9
1.7.3. YANGAMBI.....	9
1.7.4. YOKO .....	10
Chapitre 2. MATERIEL ET METHODES .....	11
2.1. MTERIEL.....	11
2.2. METHODE PEDOANTHRACOLOGIQUE .....	12
2.2.1. Prospection à la tarière .....	12
2.2.2. Choix des sites.....	13
2.2.3. Creusage de la fosse, collecte des charbons et des poteries .....	13
2.2.4. Mise en sachets de charbon de bois, des poteries.....	15
2.2.5. Description pédologique.....	15
2.2.6. Echantillonnage du sol .....	15
2.2.7. Lavage de charbons de bois.....	15
2.2.8. Séchage.....	15
2.2.10. Quantification de charbons de bois .....	16
2.2.11. Quantification des poteries .....	16
2.2.12. Identification de charbons de bois.....	16
Chapitre 3. RESULTATS ET INTERPRETATION.....	17
3.1. ANTHRACOMASSE SPECIFIQUE.....	17
a) Site de Yangambi .....	17
b) Site de la Yoko .....	19
c) Site de Masako .....	20
d) Site de Kole .....	22
3.2. IDENTIFICATION BOTANIQUE.....	23
3.2.1. Description anatomique de types de charbons .....	23
a) Charbon Yoko 1.8.1. ....	23

b) Charbon Yoko 2.6.2.....	25
c) Charbon Yangambi 2.4.2.....	26
3.2.2. Familles identifiées.....	27
3.3. POTERIES.....	29
Chapitre 4. DISCUSSION.....	31
4.1. LES ANTHRACOMASSES SPECIFIQUES.....	31
4.2. IDENTIFICATION BOTANIQUE.....	33
4.3. POTERIES.....	35
CONCLUSION ET SUGGESTIONS.....	36
REFERENCES BIBLIOGRAPHIES.....	37



## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Zone d'étude de la région de Kisangani .....	8
Figure 2 : Schéma synthétique de la méthode pédoanthracologique.....	12
Figure 3 : Fosse pédoanthracologique à Yangambi(YAN/2010/II).....	13
Figure 4 : Sondages à la tarière pédologique d'une fosse pédoanthracologique dans la forêt primaire à Yangambi.....	14
Figure 5: Image du plan transversal du charbon de bois Yoko 1.8.1.....	23
Figure 6 : Image du plan tangentiel du charbon de bois Yoko 1.8.1.....	23
Figure 7 : Image du plan radial du charbon de bois Yoko 1.8.1.....	23
Figure 8 : Image du plan transversal du charbon de bois Yoko 3.6.2.....	24
Figure 9: Image du plan tangentiel du charbon de bois Yoko 3.6.2.....	24
Figure 10 : Image du plan radial du charbon de bois Yoko 3.6.2.....	24
Figure 11 : Image du plan transversal du charbon de bois Yangambi 2.4.2.....	25
Figure 12 : Image du plan tangentiel du charbon de bois Yangambi 2.4.2.....	25
Figure 13 : Image du plan radial du charbon de bois Yangambi 2.4.2.....	25

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : L'anthracomasse spécifique de Yangambi.....	18
Tableau 2 : L'anthracomasse spécifique de Yoko.....	19
Tableau 3 : L'anthracomasse spécifique de Masako.....	20
Tableau 4 : L'anthracomasse spécifique de Kole.....	21
Tableau 5 : Familles identifiées.....	28
Tableau 6 : Poteries collectées.....	29
Tableau 7 : Exemple de description obtenue lors de l'étude d'un charbon	

## **LISTE DES ANNEXES**

ANNEXES 1. Données relatives à l'antracomasse spécifique

ANNEXES 2. Exemple de description obtenue lors de l'étude d'un charbon sur Inside Wood

## LISTE DES ABREVIATIONS ET DES SIGLES

Afi : - A : désigne un climat chaud avec les douze moyennes mensuelles supérieures à 18°C ;

- f : climat humide dont la pluviosité est répartie sur toute l'année, c'est à dire sans saison sèche absolue et dont la hauteur mensuelle des pluies du mois le plus sec est supérieure à 60 mm ; et
- i : signale une très faible amplitude thermique.

AFORCO : Aménagement de forêts du Congo.

ASG : Anthracomasse spécifique générale

ASN : Anthracomasse spécifique par niveau

AST : Anthracomasse spécifique taxinomique

BP: Before Present

Cm : Centimètre

DEA : Diplôme d'Etudes Approfondies

E: Est

FAO: Food and Agriculture Organization

GPS: Global Positioning System

IAWA: International Association of Wood Anatomists

I.G.C.B : Institut Géographique du Congo-Belge

IIED: International Institute for Environment and Development

Kg: Kilogramme

KOL: Kole

MAS: Masako

mg: Milligramme

MRAC : Musée Royal d'Afrique Centrale

N : Nord

ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

RDCongo : République Démocratique du Congo

SITI : Système Informatique Taxonomique Intégré

U.O.M : Université Officielle de Mbuji-Mayi

YAN : Yangambi

YOK : Yoko

## Chapitre 1. INTRODUCTION

### 1.1. Choix et intérêt du sujet

L'histoire de l'évolution de la végétation ligneuse et le dynamisme de la forêt dans la région de Kisangani sont encore inconnus. La pédoanthracologie (Thinon, 1978), à travers la quantification et l'identification de types de charbons de bois (matériel inerte) trouvés dans le sol sur plusieurs profondeurs, peut nous aider à reconstituer l'évolution de la composition spécifique de la végétation ligneuse au cours des temps et explique la sélection des espèces en fonction de l'utilisation par l'homme dans les refuges forestiers autour de la région de Kisangani.

Cette étude livre des éléments de discussion sur l'existence de forêts avant celles que nous voyons aujourd'hui, de réflexion sur l'interprétation des fosses pédoanthracologiques par leurs stratifications dans le sol des forêts denses humides de la région de Kisangani.

Toujours dans la perspective additionnelle de la gestion durable de forêts, les informations apportées serviront tant soit peu de banque des données paléoenvironnementales à la R.D.Congo notre pays pour emboîter les pas des autres pays. Car on ne gère que ce que l'on connaît dit-on.

L'intérêt et les applications des études pédoanthracologiques sont encore mal connus des gestionnaires et des chercheurs en écologie forestière, qui sont pourtant les premiers intéressés par les résultats qui sont indispensables pour orienter les choix de gestion forestière durable.

### 1.2. Etat de la question

La discipline trouve ses origines au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle. C'est en 1864, dans les Alpes, que l'italien G. Passerine cité par Gruslin (2009) s'intéresse pour la première fois aux charbons de bois préhistoriques. Il fut très vite suivi par le Suisse O. Heer et le français H. Breuil (cités par Dechamps, R et *al* (1987) à la recherche d'informations sur le combustible utilisé. En 1933 Fietz, A. in Thinon (1978) utilise le microscope à réflexion. En 1940 les Britanniques E. J. Salisbury et F. J. Jane (in Talon (1999) trouvèrent que la fréquence des taxons préhistoriques retrouvés dans des charbons correspondait à leur fréquence actuelle. Vers les années 1950 -

1990 en France et en Angleterre, il y a eu la technique de datation au C14, la description et, l'interprétation des charbons de bois.

En Afrique, cette discipline fait son entrée avec Neumann (1989) qui entrepris sa recherche sur les charbons de bois préhistoriques au Sahara.

En Afrique centrale, au Cameroun, Maley (1996) étudie les caractéristiques principales des changements de la végétation et de climat et en 2004 les variations de la végétation et des paléoenvironnements. En 2002, Assoko Ndong élabore une synthèse des données archéologiques de la réserve de faune de la Lopé au Gabon, Cerisier en 2009 fait une étude écologique et archéologique sur l'origine des peuplements de *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen au Cameroun. En 2009, Gruslin entreprend une étude sur l'origine des forêts au Nord de la République du Congo une contribution archéoanthracologique.

En République Démocratique du Congo, Hart, T.B. et al, (1996) achèvent la première étude pédoanthracologique réalisée en 1991 et 1992 à Epulu dans le district de l'Ituri en Province Orientale. En 2009, Hubau, fait une étude sur la contribution de la Pédoanthracologie à l'hypothèse de refuge au Bas-Congo précisément à Mayumbe.

La présente étude emboîte les pas de nos prédécesseurs afin de trouver des données pouvant contribuer à la gestion durable des forêts de la région de Kisangani.

### 1.3. Problématique

Les forêts d'Afrique centrale ont souvent été considérées comme des forêts primaires (Braadbaart et Poole, 2008), c'est-à-dire des forêts exemptes de traces de perturbations anthropiques depuis des siècles (Vande weghe, 2004). Cependant, de plus en plus les études montrent que ces forêts tropicales seraient en fait des forêts secondaires issues d'une recolonisation sur de vastes zones dégradées (Braadbaart et Poole op.cit, Brncic et al. 2009).

Dans les sols, on retrouve un grand nombre de charbons de bois qui indiquent des feux importants dans le passé. Ces derniers seraient les preuves et les conséquences des ouvertures de la canopée dues à l'agriculture itinérante sur brûlis, la carbonisation et aux feux spontanés et incontrôlés qui étaient plus fréquents dans le passé durant les phases climatiques arides (Brncic et al. 2006).

D'autres indices sont la découverte d'artefacts de populations humaines (poteries, pierres taillées, ...) en plein milieu de peuplements forestiers (Schwartz, 1992).

Ces perturbations multiples se sont traduites par l'évolution de la forêt vers une mosaïque des

peuplements hétérogènes présents. Selon Pons et Quézel (1985) la perturbation par des incendies fait partie du fonctionnement des systèmes écologiques forestiers et est essentielle pour comprendre les processus écologiques qui ont contribué à façonner les paysages forestiers.

Contrairement à ce qui est souvent supposé, ces forêts ne sont pas des forêts primaires, à l'exception des zones de refuges forestiers (Schwartz *et al.* 1999); qui ont été grossièrement tracées sur la base des données biogéographiques (Senterre, 2005), et palynologiques (Maley, 1996), mais pas assez détaillées.

La forêt de la région de Kisangani correspond à cette description, présente une multitude de peuplements hétérogènes, l'histoire de l'évolution de la végétation et leur dynamisme restent inconnus.

Ceux-ci nous ont permis de nous poser un certain nombre de questions qui constituent nos préoccupations à savoir:

- Comment reconstruire l'histoire de la végétation et le dynamisme de la forêt dense humide de la région de Kisangani?
- Quels sont les liens et interactions entre cette histoire et le contexte humain?
- Quelles sont les espèces végétales sélectionnées et utilisées dans la fabrication de charbon de bois dans le passé?

#### 1.4. Hypothèse

La présence des charbons de bois dans le sol forestier nous donnerait des informations sur la sélection des espèces, l'évolution de la végétation ligneuse au cours du temps et sur la stratification de différents sols forestiers de la région de Kisangani.

#### 1.5. Objectifs

##### 1.5.1. Objectif général

La présente étude a pour objectif, la reconstitution de l'histoire de la végétation ligneuse au cours du temps et le dynamisme de la forêt dans la région de Kisangani, expliquer les liens et interactions entre cette histoire et le contexte humain. Comprendre la sélection et l'utilisation des espèces dans la fabrication de charbon de bois dans le passé.



### 1.5.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs poursuivis par cette étude sont:

- Quantifier les charbons de bois dans des couches de sol forestier;
- Vérifier la présence des espèces indicatrices dans les assemblages de charbons de bois par observation microscopique.

### 1.6. Définition des concepts: anthracomasse, pédoanthracologie et poteries

#### a) Anthracomasse

L'anthracomasse ou anthracomasse spécifique (AS) correspond au rapport entre la masse totale (en mg) de charbons extraits ( $\varnothing > 4$  mm) et la masse totale (en kg) de terre sèche d'une fraction inférieure à 5 mm (Thinon, 1978).

Elle est exprimée en partie par million (ppm) ou en mg.kg-1 et peut être calculée pour un taxon (AST), un niveau (ASN) ou un profil (ASG) (Carcaillet et Talon, 1996).

— L'anthracomasse spécifique taxinomique (AST) est la masse totale de charbons d'un taxon donné contenue dans un niveau sur la masse totale de terre sèche de ce niveau (couche du sol de 10 cm d'épaisseur dans la fosse pédoanthracologique).

— L'anthracomasse spécifique par niveau (ASN) est la masse totale de charbons contenue dans un niveau sur la masse totale de terre sèche du même niveau.

— L'anthracomasse spécifique générale (ASG) est la masse totale de charbons contenue dans un prélèvement sur la masse totale de terre sèche du prélèvement (fosse pédoanthracologique)

#### b) Pédoanthracologie

La pédoanthracologie (du grec pedon: sol et anthrax: charbon) est l'étude de l'anthracomasse, elle s'appuie sur la recherche quantitative (la quantification), qualitative (l'identification) et la datation des charbons de bois du sol (Thinon, Op cit).

Les particules de charbon de bois provenant de la combustion de la végétation subissent au cours du temps une fragmentation et un enfouissement sous l'effet de l'action conjuguée de la pédofaune, du colluvionnement et enfin des racines (Thinon, 1992, Carcaillet et Talon op.cit). Le degré de résolution spatiale de l'analyse dépend de l'existence ou non du transport (ruissellement et vent) des charbons du lieu de production à celui du dépôt (Clark, 1988).

### c) Poteries

Sont des artefacts fabriqués à partir de l'argile cuite et collectés dans les couches du sol, témoins de l'occupation et de civilisations anciennes de peuples dans le site forestier.

Les poteries se retrouvent dans 85% des cas en association dans le sol avec des charbons de bois et/ou des noix de palme. Le matériel retrouvé, ainsi associé, a de fortes probabilités de dater de la même époque que le charbon de bois (Waterbolk, 1971).

### 1.7. Provenance des charbons de bois

Le charbon est un signe manifeste du passage du feu.

#### 1.7.1. Feu

##### a) Origine du feu

En forêt, les feux peuvent être d'origine naturelle ou anthropique :

##### ✓ Feux d'origine naturelle

Ils sont relativement rares en forêt dense humide. Ils sont plus courants dans les milieux plus secs comme les savanes herbeuses ou arborées ou encore dans les forêts sèches. Leurs éléments déclencheurs principaux sont la foudre (la principale cause), l'activité volcanique, les étincelles dues aux chutes de roches (Scott *et al.* 2000).

##### ✓ Feux d'origine anthropique

Les hommes côtoient les feux pour de multiples fonctions: l'agriculture itinérante sur brûlis, la chasse, la gestion des milieux, la fabrication de charbon de bois et l'utilisation des bois de chauffe pour la cuisson (Scott, 2000).

##### b) Différents types de feux

Scott *et al.* (2000) distinguent deux types de feux: les feux de matière sèche et les feux de matière vivante:

➤ Les feux de matière sèche brûlent à des températures variant entre 200-300°C (<350°C); concernent la matière morte et/ou sèche accumulée sur le sol, les herbacées et les arbustes. Par contre, les arbres peuvent survivre. Seules les branches inférieures peuvent être brûlées ou souffrir de la défoliation due à la chaleur. Ils sont rapides et produisent plus de charbons de bois.

➤ Les feux de matière vivante brûlent la matière fraîche, atteignent les températures plus élevées (jusqu'à plus de 950°C) puisque que cette matière fraîche est abondante dans la forêt, attaquent même les écorces et le bois des certains arbres, se propagent au houppier et ils peuvent continuer à brûler pendant plusieurs heures. Ils peuvent également se propager à la matière morte accumulée sur le sol. Etant donné leur température, ils produisent peu de charbons de bois.

### c) Conséquences de feux en forêt

Les feux ont des conséquences variées sur la forêt. Ils modifient la configuration (la composition et structure) de la forêt, la couverture du sol. En fonction de leur progression, leur intensité, leur fréquence et leur durée; la végétation qui se réinstallera par la suite peut être identique ou différente de celle d'avant le feu (Scott et Glasspool, 2007).

Le feu (allumé volontairement ou accidentellement) est un moyen de déforestation qui peut anéantir des surfaces considérables (Ramade, 2003).

#### 1.7.2. Rôle des charbons de bois dans les civilisations des peuples

Les charbons de bois constituent la source d'énergie; de production de revenu et de commercialisation pour la population du tiers monde (Kammen & Lew, 2005).

Les informations qui peuvent être tirées d'un fragment de charbon de bois, permettent l'identification botanique des espèces utilisées, fournissent certaines données écologiques concernant le milieu de croissance et les conditions de gestion du milieu (Marguerie et Hunot, 2007; Braadbaart et *al.* 2009).

Il serait également possible de connaître la méthode utilisée pour la carbonisation industrielle ou domestique, ou encore combustion incomplète (Braadbaart et Pool, 2008).

### 1.7.3. Déforestation due à l'utilisation des charbons de bois

Selon la FAO (2006) la déforestation est définie comme une réduction de la superficie forestière. Les causes de cette dernière sont notamment: les effets climatiques, l'agriculture itinérante sur brûlis, la pression démographique, la densité de population, la croissance des marchés économiques et du commerce, l'urbanisation, l'industrialisation, la pauvreté et la fabrication de charbon de bois contribuent largement à la destruction de la forêt. D'après Stassen (2002) 1 kg de charbon de bois est produit à partir de 8 à 12 kg de bois. IIED (1988) estime que dans le monde le prélèvement du bois destiné à la production d'énergie s'élève à 40 000 000 m<sup>3</sup> soit environ 40 fois la quantité estimée de bois d'œuvre prélevée par l'exploitation forestière, une telle consommation du bois provoque la déforestation. Par ailleurs chaque année 319 000 hectares dans le monde subissent la déforestation, soit 0,2% de forêt de la RDC (Mabee & Saddler 2007 cités par Tshimpanga, C. 2009).

### 1.8. Subdivision du travail

Le présent travail comprend quatre chapitres dont le premier parle de l'introduction, le deuxième s'intéresse au matériel et méthodes utilisés, le troisième présente les résultats et l'interprétation, puis le quatrième la discussion de ces résultats. Enfin une brève conclusion et quelques suggestions clôturent cette étude.

### 1.9. Milieu d'étude

Le présent travail s'est réalisé sur quatre différents sites d'étude dans la région de Kisangani.

Il s'agit de site de: Kole, Masako, Yangambi et de Yoko.

Ce choix a été guidé par les raisons ci-après :

- 1) en se référant aux détails de la carte de limites de la forêt dense humide en Afrique centrale pendant les périodes de régressions élaborées par Maley (1996), les sites cités ci-haut contiennent encore de grandes étendues de forêts (primaires et secondaires) qu'il faut gérer durablement.
- 2) ces sites sont situés dans le gradient Nord-sud de la forêt tropicale africaine où les dernières grandes fluctuations climatiques (25 à 30000 ans BP) ont été enregistrées et ayant conduit à la fragmentation actuelle du massif forestier africain.

- 3) l'accessibilité du site d'étude,
- 4) la connaissance des lieux par le personnel technique et ouvrier (notamment via les circuits phénologiques préalablement effectués) ou d'autres études dans le domaine botanique et de la gestion durable de forêts,

La répartition de ces quatre sites d'étude est représentée sur la figure 1.

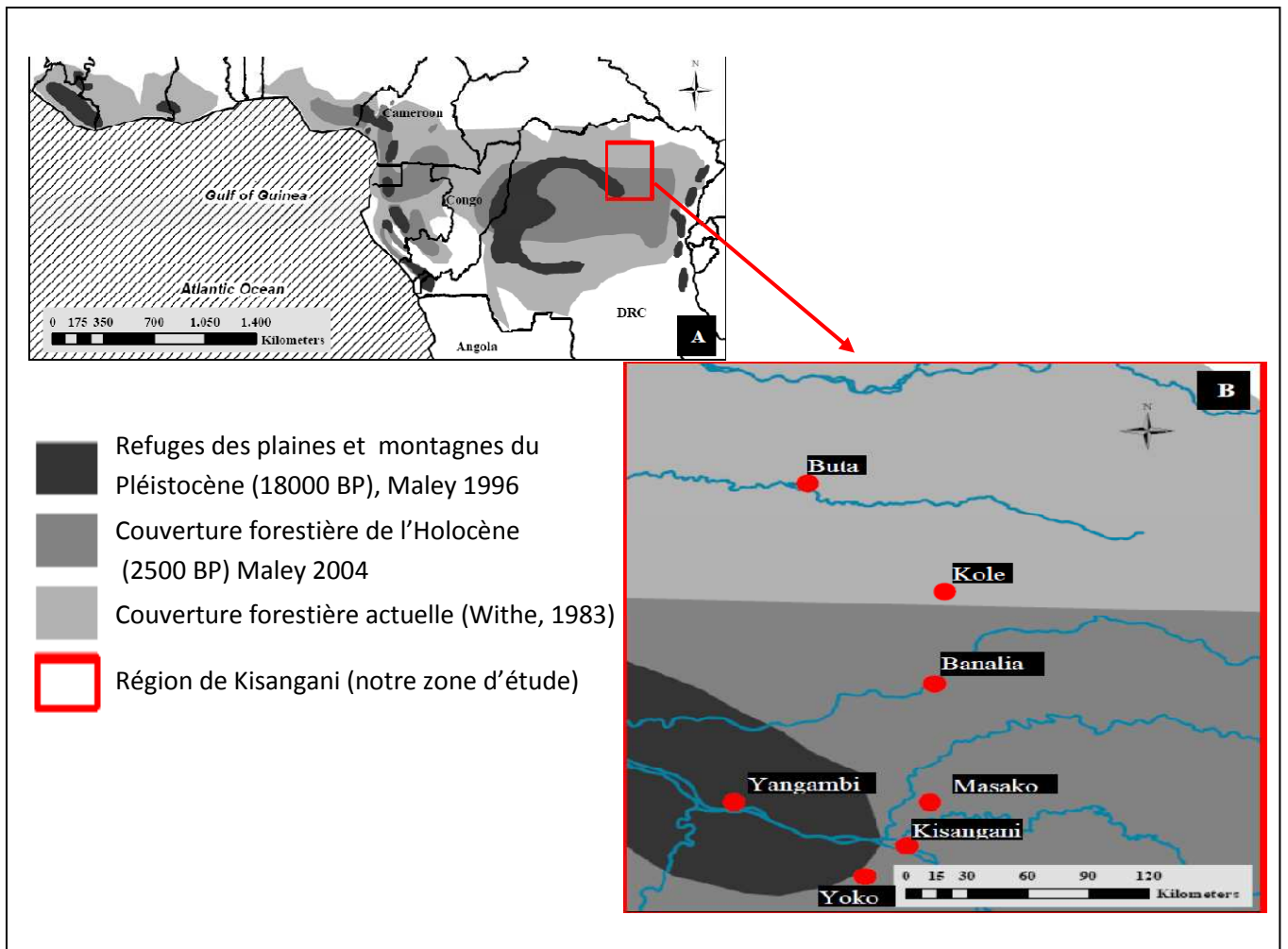


Figure 1: Zone d'étude de la région de Kisangani tirée de la carte de limites de la forêt dense humide en Afrique centrale pendant les périodes de régressions (Maley, 1996).

### 1.9.1. KOLE

Situé dans le territoire de Banalia, district de la Tshopo, Province orientale en R.D.Congo à 128km sur l'axe routier Kisangani-Buta, ses coordonnées géographiques sont 02° 04,314' N, 25°24'45,8''E et 500m d'altitude ( $\pm 4$ m de précision) ceux-ci sont presque les mêmes que ceux pris par I.G.C.B (1957).

Kole jouit d'un climat équatorial (chaud et humide) du type Af de la classification de Koppen, la température moyenne annuelle est entre 24° et 25,5°C, les précipitations moyennes sont de l'ordre de 1600-1700mm par an (Van Wambeke, 1958).

Les sols sont ferrallitiques, argileux lourds riches en limonite (avec 50-90% d'argile), pierreux, argilo-limoneux (d'après Muamba, 1982 cité par Lokombe, 2004 et Beguin, 1958).

La végétation de Kole comprend à des forêts primaires à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard., de *Piptadeniastrum africanum* (Hook.f.) Brenan, des forêts primaires hétérogènes avec prédominance de *Cynometra hankei* Harms, des forêts secondaires à *Musanga cecropioides* R.Br, des jachères et recrues forestiers et des forêts marécageuses (Van Wambeke, 1958).

### 1.7.2. MASAKO

La Réserve forestière de Masako est située à 14km au Nord-Est de la ville de Kisangani sur l'ancienne route Buta. Ses coordonnées géographiques sont : 0° 36' N et 25° 13'E, avec une altitude moyenne de 500 m (Soki, 1994).

Selon Nyakabwa (1982) et Goffaux (1990) cité par Juakaly (2002) cette zone de Kisangani est caractérisée par un climat de type «Afi» de la classification de Köppen.

Les sols sont ferrallitiques caractéristiques des forêts tropicales. Ils sont généralement sablo-argileux et acides (Juakaly, 2002 op.cit).

Lebrun et Gilbert (1954) classent les forêts de la région de Kisangani dans la catégorie des forêts ombrophiles sempervirentes équatoriales.

### 1.7.3. YANGAMBI

Yangambi se situe à 100 km au Sud-ouest de la ville de Kisangani, à 0°45'50''N, 24°27'47''E et 450 m de l'altitude.

Selon Bultot (1977), Yangambi se situe dans la zone climatique est du type Af de Köppen, 1750mm des pluviométries moyennes, 25°C des températures moyennes.

Le sol de Yangambi se classe parmi les sols ferrallitiques, argileux et argilo-sablonneux (Van Wambeke, 1958 et Kombele, 2004).

La végétation de Yangambi correspond à la forêt dense, ombrophile et sempervirente (Lebrun et Gilbert, 1954)

#### 1.7.4. YOKO

La réserve forestière de la Yoko est située entre le point kilométrique 23 et 45 de la route et la voie ferrée Kisangani-Ubundu, avec 0° 17' 59''N et 025° 17' 41''E, son altitude oscille autour de 400m.

Elle se trouve dans la zone climatique du type Af de la classification de KOPPEN. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 1700 mm et avec 25°C de température moyenne (Boyemba, 2006).

Le sol de la réserve forestière de Yoko est généralement sablo-argileux et acide, (Nyakabwa, 1982).

La végétation de la partie Nord fait partie de groupe des forêts mésophiles sempervirentes et la partie Sud de la réserve appartient au type des forêts mésophiles semi-décidues (Lomba, 2007; Lebrun&Gilbert, 1954).

## Chapitre 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. MATERIEL

Pour la récolte des données nécessaires à la réalisation de ce travail, nous nous sommes servis de matériels techniques suivants :

- Bâche: pour collecter manuellement les charbons de bois.
- Balance: pour peser les échantillons du sol avant le tamisage.
- Bêche: pour creuser les fosses et nettoyer la bâche.
- Brosse: pour enlever l'argile, sable et toute autre matière qui colle sur le charbon.
- Carnet et stylo pour l'enregistrement de données.
- Corde nylon: pour cadrer la fosse.
- Croquettes: pour collecter les échantillons du sol destinés aux études granulométriques.
- Cylindre à densité: pour prélever les échantillons du sol destinés à la mesure de densité.
- GPS de marque Etrex Garmin pour la prise des coordonnées géographiques de l'emplacement de fosses dans chaque site.
- Gobelet plastique: pour récolter les échantillons du sol à tamiser.
- Limes: pour aiguiser les machettes, la bêche et la pelle.
- Machettes: pour l'ouverture de l'emplacement de fosses pédoanthracologiques.
- Microscope optique à réflexion ou Reflected Light Microscopy pour les identifications préliminaires et le Scanning Electron Microscopy (SEM) et 'Computed X-Ray Microtomography ( $\mu$ CT) pour les détails et les observations des charbons de bois sur les trois plans anatomiques (transversal, radial et longitudinal) au M.R.A.C à Tervuren.
- Niveau à bille d'air: pour vérifier l'horizontalité et la verticalité de la couche.
- Pelle: pour creuser les fosses et aplanir les murs de fosses.
- Pincettes: pour ramasser les pièces de charbon de bois sans les écraser.
- Mètre ruban: pour mesurer le cadre des fosses pédoanthracologiques.
- Sachets: pour garder les charbons et poteries ramassés de chaque couche.
- Tamis granulométriques: pour tamiser les différents types d'échantillons de sol.
- Tarière pédologique (foreuse d'Edelmann): pour sonder le sol avant de se décider de l'emplacement et de creuser de fosses.
- Truelle pour ramper la limite de la couche.

Nous nous sommes servis aussi de l'eau pour laver les charbons de bois.



## 2.2. METHODE PEDOANTHRAOLOGIQUE

Pour arriver à bien mener cette étude, nous nous sommes servis du protocole de la méthode pédoanthracologique mise en place par Thinon (1992), illustré sur la figure 2.

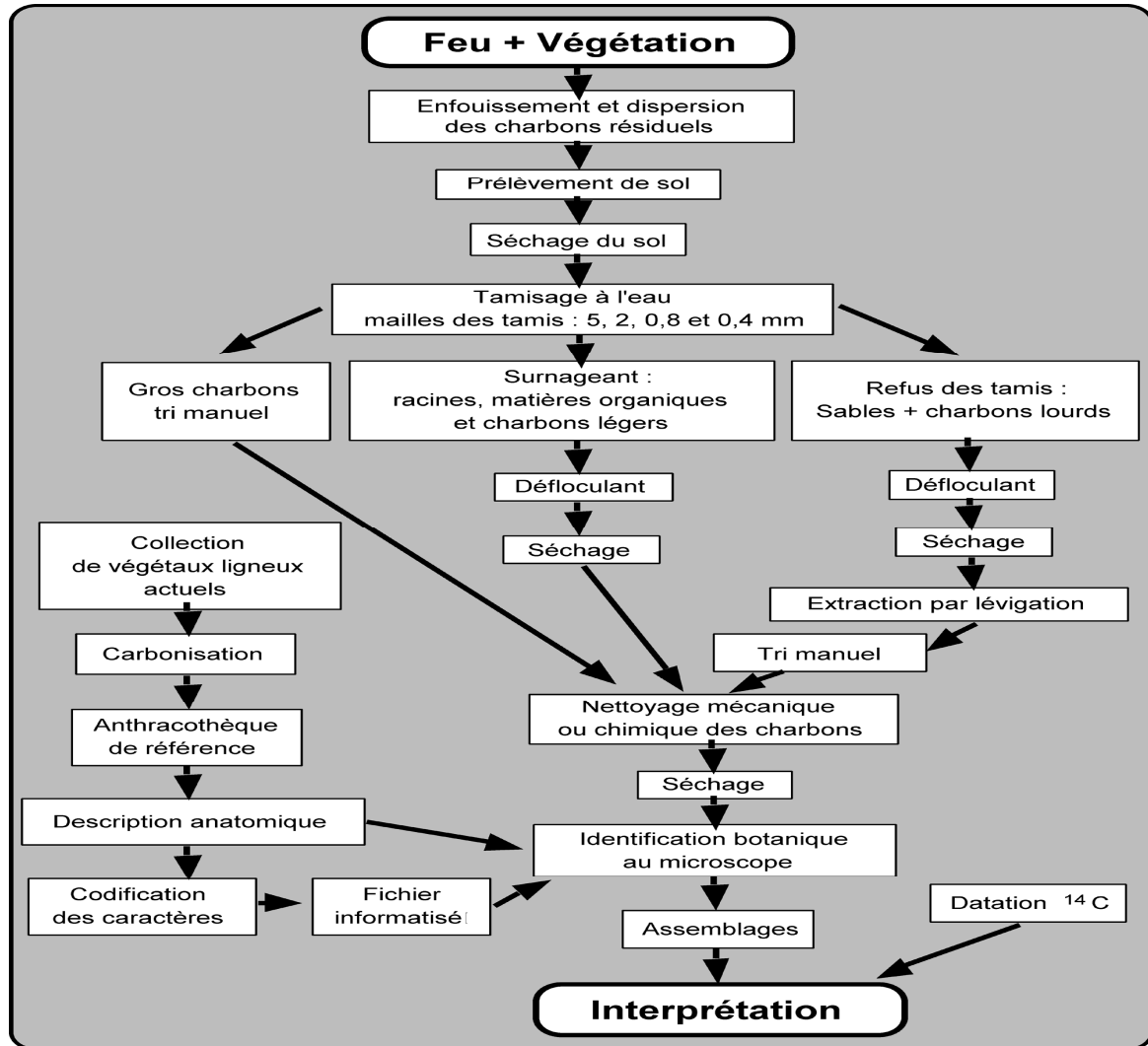


Figure 2: Schéma synthétique de la méthode pédoanthracologique (Thinon, 1992).

### 2.2.1. Prospection à la tarière

Avant de creuser une fosse pédoanthracologique, nous avons sondé le sol à la tarière pédologique (foreuse d'Edelman) par pas de 20 cm jusqu'à 60 cm de profondeur pour décider de l'emplacement de la fosse. Le sondage a exclu les sols non pénétrables par la tarière, avec trop des pierres. Mais de préférence il fallu trouver un endroit avec peu de roches dans le sol et riche en charbons de bois.

### 2.2.2. Choix des sites

Des endroits appropriés aux emplacements de fosses et aux prélèvements de charbons de bois pour cette étude ont été choisis sur base des critères suggérés par Carcaillet et Thinon (1996). Choisir des endroits relativement plats (de préférence sur des plateaux) non vulnérables aux érosions ni aux procédés colluviaux et/ou alluviaux de transport. Un deuxième critère invite à éviter les sols hydromorphes, les pentes et les endroits occupés par l'agriculture sur brûlis. Selon Delneuf.M et *al.* (1998) les fosses doivent être creusées sur des endroits les plus horizontaux possibles, éloignés d'une pente, sur un sol évolué et profond, non remanié.

### 2.2.3. Creusage de la fosse, collecte des charbons et des poteries

Une fosse à 1mètre de longueur, 1 mètre de largeur et 1,40 mètres de profondeur, est creusée niveau par niveau de 10 cm de profondeur tel que représenté sur la figure 3 ci-dessous, donc 14 niveaux ( $14 \times 10 \text{ cm} = 140 \text{ cm} = 1,4 \text{ m}$ ). Tout le sol qui sort de chaque niveau est fouillé attentivement à la main, les charbons de bois visibles à l'œil nu sont collectés et gardés dans un sachet par niveau, il y a donc 14 sachets avec des charbons. De la même manière, tous les artefacts comme les poteries sont ramassés et gardés à part. Il y aura donc 14 sachets avec des poteries (seulement si elles sont présentes).



Figure 3: Fosse pédoanthracologique à Yangambi (YAN/2010/II).

Après que la fosse ait été creusée et atteint 140 cm de profondeur nous avons sondé aussi jusqu'à 200 cm voire plus par pas de 10 cm, une illustration d'une fosse en plein sondage est présentée sur la figure 4.



Figure 4: Sondages à la tarière pédologique d'une fosse pédoanthracologique dans la forêt primaire à Yangambi.

Nous avons creusé au total 14 fosses pédoanthracologiques dans 4 sites différents, dont 8 en forêts primaires et 6 en forêts secondaires réparties de cette manière:

- a) Site de Kole: 2 fosses en forêt primaire seulement.
- b) Site de Masako comprend 4 fosses: -2 fosses en forêt primaire,  
-2 fosses en forêt secondaire.
- c) Site de Yangambi 4 fosses: -2 fosses en forêt primaire,  
-2 fosses en forêt secondaire.
- d) Site de Yoko 4 fosses: -2 fosses en forêt primaire,  
-2 fosses en forêt secondaire.

La forêt primaire pouvant abriter une fosse pédoanthracologique devra avoir les espèces caractéristiques telles que : *Julbernardia seretii* (De Wild.) Troupin, de *Scorodophloeus zenkeri* Harms, de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et de *Piptadeniastrum africanum* (Hook.f.) Brenan. Tandis que les espèces caractéristiques de la forêt secondaire recherchées sont le *Musanga cecropioides* R.Br, le *Macaranga spinosa* Müll.Arg. le *Ricinodendron heidelotii* Bail, l'*Oncoba welwitschii* Oliv et l'*Hurungana madagascariensis* Lam ex Poir.

#### 2.2.4. Mise en sachets de charbon de bois, des poteries

Tous les charbons de bois et poteries ramassés dans chaque couche d'une fosse sont mis dans un sachet numéroté de façon à indiquer, le nom du site d'étude avec 3 lettres majuscules, l'année de la réalisation de la fosse, numéro de la fosse en chiffre Romain et l'indication de la limite de la couche. Tel que représenté dans l'exemple ci-après:

YAN/2010/II/0-10. D'où:

YAN: Yangambi qui est le nom du site d'étude,

2010: l'année de la réalisation de la fosse,

II: numéro de la fosse au sein du site,

0-10 : la couche qui commence de 0 cm et se termine à 10 cm de cette fosse.

#### 2.2.5. Description pédologique

Faire une description pédologique qualitative des différents horizons dans les profils. L'abondance des racines et des pierres sera décrite d'une manière visuelle.

#### 2.2.6. Echantillonnage du sol

A l'aide des croquettes; du cylindre de densité de sol; du gobelet d'un litre de capacité et des bacs métalliques, nous avons prélevé différents échantillons de sol demandés en Belgique pour les analyses pédologiques au Musée Royal d'Afrique Centrale (MRAC). Les résultats de ces analyses pédologiques ne seront pas utilisés dans cette étude.

#### 2.2.7. Lavage de charbons de bois

Les charbons extraits sont, un par un, nettoyés à l'eau manuellement à l'aide d'une brosse pour enlever la pellicule de limon et d'argile qui les recouvre. Cette opération permet de débarrasser toute autre matière que les charbons de bois et d'améliorer la qualité des observations microscopiques.

#### 2.2.8. Séchage

Il est fait à l'air libre pour pouvoir débarrasser les charbons de bois de toute humidité.

#### 2.2.9. Pesage de charbons de bois

Tous les charbons de bois de chaque fosse pédoanthracologique sont pesés séparément niveau par niveau avec une balance de précision (5 chiffres après la virgule) après leur séchage.

#### 2.2.10. Quantification de charbons de bois

Les collections de charbons de bois (par niveau de 10 cm) représentent un poids quelconque; ce résultat est appelé 'anthracomass' en Anglais dont «anthrax qui signifie charbon et masse qui traduit le poids», ce résultat exprime les quantités de charbons indépendamment de la quantité de terre tamisée (anthracomasse spécifique). Il permet des comparaisons entre niveaux d'un même sol et entre les différents prélèvements (fosse pédoanthracologique), mais aussi peut être comparé aux données de la littérature (Talon, 1997, 1999).

#### 2.2.11. Quantification des poteries

Les pièces de poteries sont comptées et mesurées. Elles sont divisées en deux classes (>2 cm et <2cm).

#### 2.2.12. Identification de charbons de bois

La technique d'observation consiste à casser le charbon de bois dans le sens des fibres du bois (plan longitudinal, radial ou tangentiel) et perpendiculairement à ce dernier (plan transversal), les fragments sont ensuite calés dans des grains de pavot de façon que les différents plans de coupe soient orientés perpendiculairement au faisceau lumineux du microscope à réflexion et observés aux grossissements x 200, x 500) pour la reconnaissance des critères anatomiques.

L'identification des critères anatomiques des images photographiques tirées des charbons de bois s'est faite par référence aux critères IAWA (1989) en comparaison aussi aux descriptions anatomiques consignées sur le site internet «Inside Wood».

## Chapitre 3. RESULTATS ET INTERPRETATION

### 3.1. ANTHRACOMASSE SPECIFIQUE

Pour arriver à calculer l'anthracomasse spécifique, nous avons pris la masse totale de charbons (en mg) collectés par couche de 10 cm divisée par la masse totale d'un kilogramme et demi de terre sèche prélevée de chaque couche selon la méthodologie de Carcaillet et Talon (1996). Elle est exprimée en mg/kg et peut être calculée pour un taxon, un niveau ou un profil selon Carcaillet et Talon Op cit.

Pour rappel, nous avons creusé 14 fosses pédoanthracologiques dont 8 en forêts primaires et 6 en forêts secondaires, réparties dans 4 sites différents: Yangambi, Yoko, Masako et Kole.

#### a) Site de Yangambi

Les anthracomasses spécifiques de 4 fosses sont présentées dans le tableau 1 et réparties comme suit:

En forêt secondaire 2 fosses:

- Yangambi I à dominance de *Musanga cecropioides* R.Br, et *Macaranga spinosa* Müll.Arg.
- Yangambi II à dominance de *Ricinodendron heidelotii* Bail. et *Macaranga spinosa* Müll.Arg.

En forêt primaire 2 fosses:

- Yangambi III à dominance de *Julbernardia seretii* (De Wild.) Troupin et de *Scorodophloeus zenkeri* Harms.
- Yangambi IV à dominance de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

Tableau 1: l'antracomasse spécifique (mg/kg) selon les types de forêts.

Couche (cm)	Forêt secondaire		Forêt primaire	
	Yangambi I	Yangambi II	Yangambi III	Yangambi IV
0-10	181,054	41,159	0	0,812
10-20	5,623	1,288	0	6,233
20-30	6,628	44,877	0,569	17,884
30-40	26,187	239,233	1,052	41,222
40-50	0,835	263,762	2,752	5,869
50-60	3,092	3,396	7,279	3,544
60-70	11,78	6,465	5,02	1,827
70-80	6,005	23,852	4,324	0,559
80-90	0,638	2,891	0,6	0
90-100	1,362	5,143	0,174	0
100-110	0,062	1,377	0,097	0,194
110-120	1,066	1,204	0,36	0,042
120-130	0,067	1,713	0,045	0,055
130-140	0,032	0,048	1,738	0,691
Total	244,431	636,408	24,01	78,932
Moyenne	17,459	45,458	1,715	5,638
Variance	2266,364	7865,090	5,251	128,058
Ecart-type	47,606	88,685	2,291	11,316

Les anthracomasses spécifiques les plus élevées de la fosse pédonthracologique Yangambi I sont celles de la 1<sup>ère</sup> couche soit 181,054 mg/kg, suivies de 26,187 mg/kg de la 4<sup>ème</sup> couche, de 11,78 mg/kg de la 7<sup>ème</sup> couche et les autres couches ont des anthracomasses inférieures à 10 mg/kg chacune. Quant à Yangambi II c'est la 5<sup>ème</sup> couche qui a les anthracomasses spécifiques supérieures aux autres soit 263,762 mg/kg de la 5<sup>ème</sup> couche, suivies de 239,233 mg/kg de la 4<sup>ème</sup> couche, de 44,877 mg/kg de la 3<sup>ème</sup> couche et les autres couches viennent après.

Pour Yangambi III les plus supérieures sont 7,279 mg/kg enregistrées dans la 6<sup>ème</sup> couche, suivies de 5,02 mg/kg de 7<sup>ème</sup> couche, de 4,324 mg/kg de la 8<sup>ème</sup> couche, les autres ont moins de 2 mg/kg pour couche. En ce qui concerne Yangambi IV c'est la 4<sup>ème</sup> couche avec 41,222 mg/kg, suivies de. 17,884 mg/kg de la 3<sup>ème</sup> couche, de 6,233 mg/kg. Les autres couches possèdent moins de 6 mg/kg.

b) Site de la Yoko

Les résultats de 4 fosses sont présentés dans le tableau 2 et répartis de la manière suivante:

En forêt secondaire 2 fosses:

- Yoko I à dominance de *Macaranga spinosa* Müll.Arg., *Oncoba welwitschii* Oliv,
- Yoko II à dominance de *Musanga cecropioides* R.Br, *Oncoba welwitschii* Oliv, et de *Macaranga spinosa* Müll.Arg.

En forêt primaire 2 fosses:

- Yoko III à dominance de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et
- Yoko IV à dominance de *Scorodophloeus zenkeri* Harms.

Tableau 2: l'antracomasse spécifique (en mg/kg) en fonction de types de forêts.

Couche (cm)	Forêt secondaire		Forêt primaire	
	Yoko I	Yoko II	Yoko III	Yoko IV
0-10	149,663	184,917	0,243	332,552
10-20	69,841	127,026	7,298	48,345
20-30	6,154	17,853	6,274	10,598
30-40	0,783	6,384	0,157	21,354
40-50	1,383	6,727	2,336	0,118
50-60	1,291	0,464	12,344	0,118
60-70	6,167	4,043	16,642	0,221
70-80	352,136	0,109	6,832	0,522
80-90	278,978	0,214	1,855	0
90-100	38,786	0,026	6,626	0
100-110	6,24	0,662	4,212	0
110-120	4,419	0,872	0	0
120-130	2,28	0	0	0
130-140	0,894	0,042	0,539	0
Total	919,015	349,339	65,358	413,828
Moyenne	65,644	24,953	4,668	29,559
Variance	13109,724	3233,498	25,725	7789,563
Ecart-type	114,498	56,864	5,072	88,259



Pour Yoko I les anthracomasses les plus élevées sont 352,136 mg/kg de la 8<sup>ème</sup> couche, suivies de 278,978 mg/kg de la 9<sup>ème</sup> couche, de 69,841 mg/kg de la 2<sup>ème</sup> couche, tandis que les autres couches ont moins de 40 mg/kg.

Quant à Yoko II c'est la 1<sup>ère</sup> couche avec 184,917 mg/kg, suivie de la 2<sup>ème</sup> couche avec 127,026 mg/kg, de 17,853 mg/kg de la 3<sup>ème</sup> couche, les autres couches ont moins de 10 mg/kg.

Les anthracomasses spécifiques les plus élevées de la Yoko III sont 16,642 mg/kg de la 7<sup>ème</sup> couche, suivie de la 6<sup>ème</sup> couche avec 12,344 mg/kg, les restes de couches ont moins de 10 mg/kg.

Alors que Yoko IV a 332,552 mg/kg de la 1<sup>ère</sup> couche comme les valeurs les plus élevées, suivies de 48,345 mg/kg de la 2<sup>ème</sup> couche, de 21,354 mg/kg de la 4<sup>ème</sup> couche, les autres couches ont moins de 15 mg/kg. La forêt a connue des feux plus intenses pendant les époques récentes c'est pourquoi les 4 premières couches ont plus d'anthracomasses spécifiques.

Cette différence peut être due à la période à laquelle les feux sont intervenus et aux activités de transport et/ou d'enfouissement de charbon de bois dans le sol.

#### c) Site de Masako

Le tableau 3 présente les résultats de l'anthracomasse spécifique de 4 fosses de Masako dont la répartition est la suivante:

En forêt secondaire 2fosses:

- Masako I à dominance de *Musanga cecropioides* R.Br, *Macaranga spinosa* Müll.Arg., *Ricinodendron heidelotii* Bail. et *Hurungana madacascariensis* Lam. ex Poir.
- Masako II à dominance *Oncoba welwitschii* Oliv, *Musanga cecropioides* R.Br, *Macaranga spinosa* Müll.Arg.

En forêt primaire 2fosses:

- Masako III à dominance de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et
- Masako IV à dominance de *Scorodoploeus zenkeri* Harms.

Tableau 3: l'antracomasse spécifique (en mg/kg) de Masako.

Couche (cm)	Forêt secondaire		Forêt primaire	
	Masako I	Masako II	Masako III	Masako IV
0-10	0	1,927	13,012	0,344
10-20	0	0	2,347	15,23
20-30	0	3,779	70,936	1,336
30-40	0	0,065	83,767	1,098
40-50	0	2,882	25,217	6,936
50-60	0	5,169	0,26	8,579
60-70	0	3,085	3,101	0,806
70-80	0	0,083	1,027	1,975
80-90	0	0,606	0,127	1,638
90-100	0	143,786	0,362	1,07
100-110	0	1,458	0,119	0,225
110-120	0	5,574	0	0
120-130	0	0	0	0
130-140	0	0,473	0	0
Total	0	168,887	200,275	39,237
Moyenne	0	12,063	14,305	2,807
Variance	0	1441,031	769,649	19,633
Ecart-type	0	37,961	27,746	4,431

Masako I, présente une situation tout à fait particulière par rapport à toutes les fosses, aucune couche ne contient les charbons de bois. Ceci peut être due au fait que le sol était hydromorphe, le terrain paraissait marécageux et que peut être il n'y a jamais eu d'incendies sur cette partie, ceci peut aussi laisser supposer que la forêt primaire qui existait, serait disparue peut être suite à une catastrophe naturelle (pluie, vent...).

Pour Masako II, les anthracomasses spécifiques les plus élevées sont 143,786 mg/kg de la 10<sup>ème</sup> couche, suivies de 5,574 mg/kg de la 12<sup>ème</sup> couche, de 5,169 mg/kg de la 6<sup>ème</sup> couche, tandis que les couches ont moins de 5 mg/kg.

Quant à Masako III les plus élevées sont 83,767 mg/kg de la 4<sup>ème</sup> couche, suivies de 70,936 mg/kg de la 3<sup>ème</sup> couche, suivies de 25,217 mg/kg de la 5<sup>ème</sup> couche. Les autres couches ont moins de 15 mg/kg.

En ce qui concerne Masako IV, les valeurs les plus élevées sont 15,23 mg/kg de la 2<sup>ème</sup> couche, suivies de 8,579 mg/kg de la 6<sup>ème</sup> couche, les autres couches ont moins de 2 mg/kg.

Ces différences proviennent parfois des activités de transport de charbon de bois vers la profondeur, mais aussi de la période à la quelle les feux sont intervenus.

d) Site de Kole

Pour le site de Kole, nous avons creusé 2 fosses en forêt primaire seulement, dont une en forêt monodominante à *Piptadeniastrum africanum* (Hook.f.) Brenan (Kole I) et une autre dans celle de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (Kole II).

Tableau 4: l'antracomasse spécifique (mg/kg) de Kole

Couche (cm)	Forêt primaire	
	Kole I	Kole II
0-10	7,668	34,246
10-20	0,948	0,516
20-30	5,084	0,548
30-40	1,552	2,876
40-50	0	7,574
50-60	0	0,031
60-70	0,058	0,457
70-80	0,393	0,235
80-90	0,12	0,138
90-100	0	0
100-110	0	0
110-120	0	0
120-130	0	0
130-140	0	0
Total	15,823	46,621
Moyenne	1,130	3,885
Variance	5,403	96,195
Ecart-type	2,324	9,807

La lecture de ce tableau montre que les antracomasses spécifiques les plus élevées de Kole I sont 7,668 mg/kg de la 1<sup>ère</sup> couche, suivies de 5,084 mg/kg de la 3<sup>ème</sup> couche, de 1,552 mg/kg de la 4<sup>ème</sup> couche. Les autres couches ont moins de 1 mg/kg voire même 0 mg/kg.

Pour Kole II les valeurs les plus élevées sont 34,246 mg/kg de la 1<sup>ère</sup> couche, suivies de 7,574 mg/kg de la 5<sup>ème</sup> couche, de 2,876 mg/kg de la 4<sup>ème</sup> couche. Les restes de couches ont moins de 1mg/kg voire 0 mg/kg.

Ceci peut se justifier par le fait que les activités de transport étaient plus intenses à Kole II, et qu'à partir de la couche 9 rien n'a été collecté suite peut être au sol argileux riche en limonite de toute la zone empêchant les activités d'enfouissement de charbons de bois. En outre, l'on peut supposer que cette forêt n'avait pas subi d'incendies avant les époques récentes.

### 3.2. IDENTIFICATION BOTANIQUE

L'identification botanique est obtenue par la description anatomique de type de charbon en utilisant les critères IAWA (1989) et par la recherche des critères standardisés dans la base de données sur site internet «Inside Wood».

Sur quatre différents sites d'étude ciblés, nous avons fait l'identification botanique de 3 charbons seulement de deux sites et d'une couche par fosse à travers les images photographiques tirées par Hubau, Doctorant au Musée Royal de L'Afrique Centrale (M.R.A.C), ceci par le fait que l'identification est laborieuse, nécessitant de gros moyens, le temps et l'énergie. Il s'agit de:

- Charbon Yoko 1.8.1: en forêt secondaire site de la Yoko.
- Charbon Yoko 3.6.2: en forêt primaire site de la Yoko.
- Charbon Yangambi 2.4.2: en forêt secondaire site de Yangambi.

#### 3.2.1. Description anatomique de types de charbons

##### a) Charbon Yoko 1.8.1.

C'est un charbon collecté dans le site de la Yoko, première fosse en forêt secondaire, huitième couche et premier charbon dans le classement. Les caractéristiques anatomiques répertoriées sur ses images photographiques sont expliquées en bas des figures 5, 6 et 7 de la page suivante.

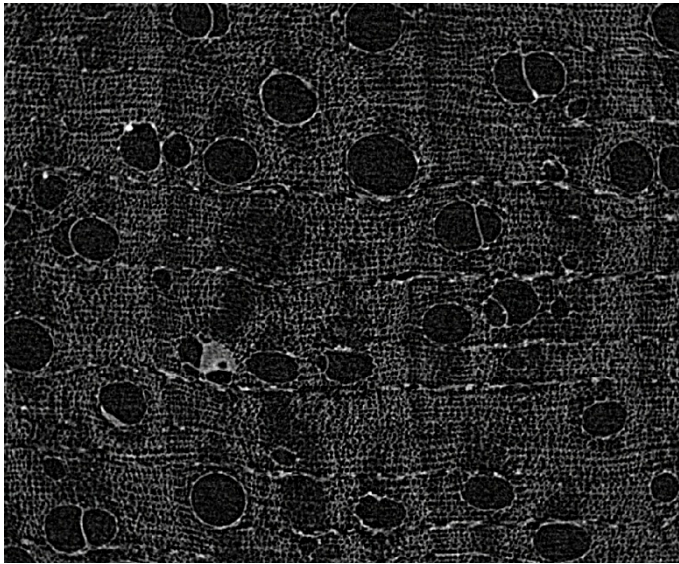


Figure 5. Image du plan transversal du charbon de bois Yoko 1.8.1



Figure 6. Image du plan tangentiel du charbon de bois Yoko1.8.1

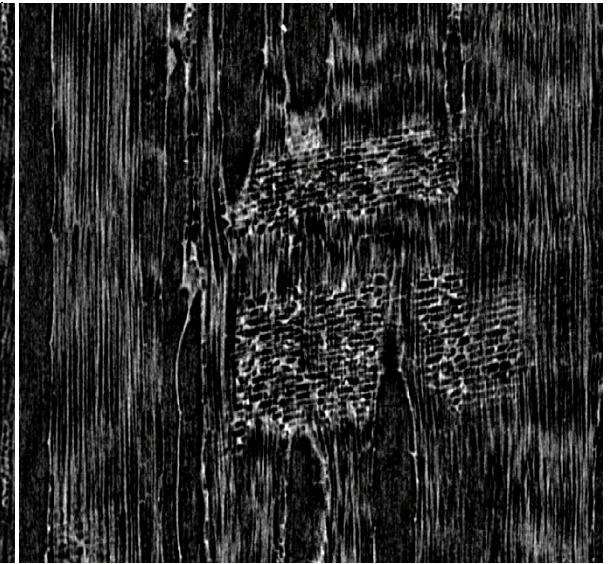


Figure 7. Image du plan radial du charbon de bois Yoko1.8.1

Echelle des photos = 1/0,0008985.

D'où : taille de pixel:1,35  $\mu\text{m}$ , dimension réelle de la photo:1390 pixels x 1113 pixels x 1,35  $\mu\text{m}$  = 2088544,5  $\mu\text{m}$ , dimension de la photo: 1390 pixels x 1,35  $\mu\text{m}$  = 1876,5  $\mu\text{m}$ . Donc 1876,5  $\mu\text{m}$  / 2088544,5  $\mu\text{m}$  = 0,0008985  $\mu\text{m}$ .

Les caractères anatomiques exhibés par l'image photographique du plan transversal sont les cernes de croissance distincts, environs 40 vaisseaux de 100-200  $\mu\text{m}$ , forme arrondie, généralement isolés et centraux avec de perforations simples, porosité diffuse, le parenchyme axial aliforme en bandes. Le plan tangentiel exhibe, les parois des fibres qui sont faiblement épaisses, les rayons homogènes, multisériés composés de très petites cellules d'une largeur de 2 à 3 cellules et la lumière du vaisseau coupé longitudinalement. Alors que le plan radial révèle les cellules des rayons toutes couchées qui sont groupées entre 5 et 9 rangées.

b) Charbon Yoko 2.6.2

Collecté dans le site de la Yoko en forêt primaire, troisième fosse, sixième couche et deuxième charbon dans le classement. Ses caractéristiques anatomiques répertoriées sur les images photographiques sont expliqués en bas des figures 8, 9 et 10.

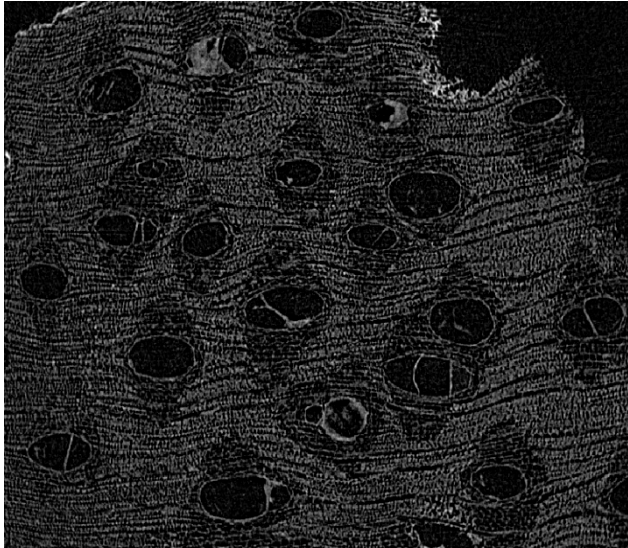


Figure 8. Image du plan transversal du charbon de bois Yoko 2.6.2



Figure 9. Image du plan tangentiel du charbon de bois Yoko 2.6.2



Figure 10. Image du plan radial du charbon de bois Yoko 2.6.2

Echelle des photos = 1/ 0,0014085

D'où: taille de pixel: 2  $\mu\text{m}$ , dimension réelle de la photo: 1026 pixels x 710 pixels x 2  $\mu\text{m}$  = 1456920  $\mu\text{m}$ , dimension de la photo: 1026 pixels x 2  $\mu\text{m}$  = 2052  $\mu\text{m}$ . Donc 2052  $\mu\text{m}$  / 1456920  $\mu\text{m}$  = 0,0014085  $\mu\text{m}$ .

Sur l'image photographique du plan transversal nous répertorions les caractères anatomiques suivants: cernes de croissance sont indistincts ou absents, environs 32 vaisseaux de 100-200  $\mu\text{m}$ , forme ovale, centraux et accolés deux à deux avec de perforations simples, le parenchyme axial est aliforme et confluent. Sur le plan tangentiel nous voyons des rayons hétérogènes qui sont multisériés et la lumière de quelques vaisseaux coupés longitudinalement. Tandis que le plan radial montre les cellules carrées de rayons toutes couchées, groupées entre 4 et plus de 7 rangées.

c) Charbon Yangambi 2.4.2

Du site de Yangambi, de la fosse trois, quatrième couche et deuxième charbon dans le classement. Ses caractéristiques anatomiques répertoriées sur les images photographiques sont expliqués en bas des figures 11, 12 et 13 ci-après.

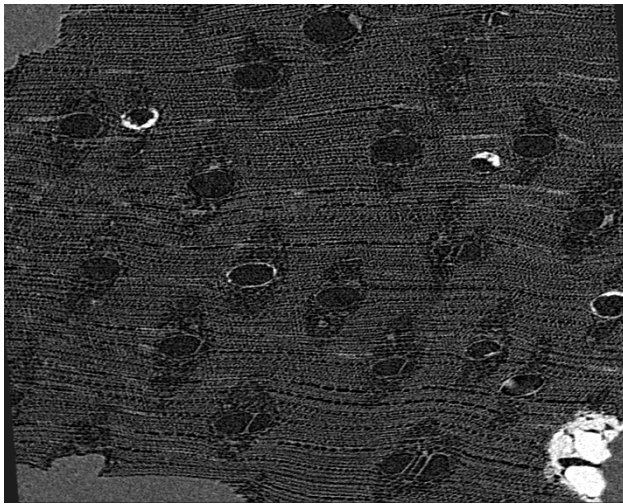


Figure 11. Image du plan transversal du charbon de bois Yangambi 2.4.2

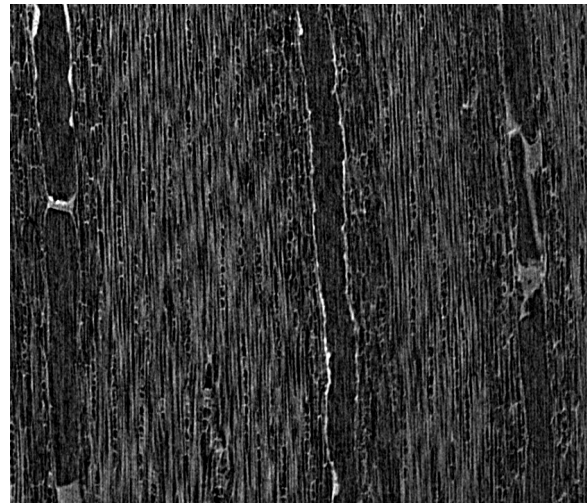


Figure 12. Image du plan tangentiel du charbon de bois Yangambi 2.4.2



Figure 13. Image du plan radial du charbon de bois Yangambi 2.4.2

Echelle des photos =  $1/0,00102041$ . D'où: taille de pixel:  $2,6 \mu\text{m}$ , dimension réelle de la photo:  $980 \text{ pixels} \times 845 \text{ pixels} \times 2,6 \mu\text{m} = 2153060 \mu\text{m}$ , dimension de la photo:  $845 \text{ pixels} \times 2,6 \mu\text{m} = 2197 \mu\text{m}$ . Donc  $2197 \mu\text{m} / 2153060 \mu\text{m} = 0,00102041 \mu\text{m}$ .

Sur le plan transversal les caractères anatomiques répertoriés sur cette image photographique sont les suivants: cernes de croissance sont indistincts, environs 28 vaisseaux de  $100-200 \mu\text{m}$ , de forme arrondie, accolés deux à deux, porosité diffuse, le parenchyme axial est aliforme et confluent, les perforations de vaisseaux sont simples. Le plan tangentiel, comprend les rayons multisériés et la lumière de quelques vaisseaux coupés longitudinalement. Tandis que sur le plan radial nous voyons les cellules rayons qui sont couchées avec une rangée de cellules marginales dressées

### 3.2.2. Familles identifiées

Pour parvenir à l'identification botanique des familles, nous nous sommes servis de la nomenclature et les numéros de critères IWIA (1989) correspondant aux caractères anatomiques répertoriés sur les images photographiques tirées de charbons de bois.

Cette association a produit une liste standardisée de 221 critères dont 163 critères anatomiques; les 58 autres concernent la provenance géographique de l'espèce, ainsi que la composition chimique du bois.

Les 163 critères anatomiques se répartissent comme suit :

- de 1 à 2 : relatifs aux cernes de croissances ;
- de 3 à 59, ils concernent les vaisseaux ;
- de 60 à 74, ils concernent les trachéides ou les fibres ;
- de 75 à 95, ils concernent le parenchyme axial ;
- de 96 à 117, ils concernent les rayons ;
- de 117 à 163, ils concernent d'autres caractéristiques se rapportant à divers tissus.

Les caractéristiques anatomiques saillantes qui nous ont servi à l'identification sont:

- les cernes de croissance

1 : cernes de croissance distincts,

2 : cernes de croissance indistincts,

- les vaisseaux

Selon la porosité

3 : zone poreuse

4 : zone semi-poreuse

5 : pores diffus

Selon la disposition des vaisseaux

6 : en bandes tangentielles

7 : en files ou en plages obliques ou radiales

8 : en flammes

Selon le groupement des vaisseaux

9 : exclusivement isolés (plus de 90%)

10 : accolés radialement par 4 et plus (isolés et accolés en mélange ou exclusivement accolés)

11 : en amas



12 : anguleux

Selon le diamètre tangentiel moyen de la lumière des vaisseaux par classe

40 : petit (moins de 50  $\mu\text{m}$ )

41 : moyen (50-100 $\mu\text{m}$ )

42 : gros (100-200  $\mu\text{m}$ )

43 : très gros (plus de 200  $\mu\text{m}$ )

Pour ce qui concerne les fibres

61 : fibres à ponctuations simples ou à peine aréolée

62 : fibres à ponctuations distinctement aréolées

63 : ponctuations présentes les parois radiales et tangentielles des fibres

- le parachyme

Selon le parachyme axial apotrachéal

75 : paranchyme axial

76 : paranchyme axial diffus

77 : en chaîne

Selon le parachyme axial paratrachéal

78 : justa vasculaire

79 : en manchon

80 : aliforme

81 : en losange

82 : en ailes

83 : anastomosé

84 : unilatéral (coiffant un côté des pores)

- les rayons

Selon la largeur des rayons multisériés par classe

96 : rayons exclusivement unisériés

97 : rayons de 2-3 séries

98 : rayons de 4-10 séries

99 : rayons à plus de 10séries

100 : rayons avec plus des parties unisériées aussi larges que les parties multisériées.

103 : rayons de deux tailles distinctes

Selon la composition cellulaire des rayons

104 : toutes les cellules couchées

105 : les cellules couchées et dressées

106 : cellules centrales du rayon couchées avec une seule rangée des cellules terminales dressées et carrées

107 : cellules centrales du rayon couchées avec plus de souvent 2 à 4 rangées de cellules terminales dressées et/ou carrées

108: cellules centrales du rayon couchées avec plus de 4 rangées de cellules terminales dressées et/ou carrées

109 : cellules centrales du rayon couchées, dressées et carrées.

A l'issue de la description de quelques caractères anatomiques sur les images photographiques tirées de charbons de bois énumérés ci-haut et en comparaison avec les critères de la base de données de Inside Wood(Annexes2), les résultats relatifs aux familles qui ont été identifiées sont illustrés dans le tableau 5.

Tableau 5. Familles identifiées

Site	Type de forêt	Numéro de la fosse	Profondeur de la couche (cm)	Classement de charbon	Familles identifiées
Yangambi	Forêt secondaire	2	30-40	2	Fabaceae (Caesalpiaceae)
Yoko	Forêt secondaire	1	70-80	1	Fabaceae (Caesalpiaceae)
Yoko	Forêt primaire	3	50-60	2	Fabaceae (Caesalpiaceae)

Il ressort de ce tableau que la famille des Fabaceae(Caesalpiaceae) est la mieux identifiée pour le site de Yoko et de Yangambi.

### 3.3. POTERIES

Les résultats relatifs aux poteries ramassées en fonction du site, du type de forêts et de couche sont illustrés sur le tableau 6 ci-après.

Tableau 6 : Poteries collectées

Site	Type de forêts	N° de la fosse	Couche (cm)	Nombre de poteries
Kole	primaire	1	20-30	1
	primaire	2		0
Masako	secondaire	1		0
	secondaire	2		0
	primaire	3		0
	primaire	4		0
Yangambi	secondaire	1		0
	secondaire	2	40-50	1
	primaire	3		0
	primaire	4	70-80	1
Yoko	secondaire	1	70-80	1
			80-90	1
	secondaire	2	10-20	1
	primaire	3		0
	primaire	4		0

Le tableau ci-dessus montre que la présence de poterie est enregistrée à la Yoko dans 3 couches, surtout à partir de couches profondes (70-90 cm), à Yangambi dans 2 couches, à Kole dans 1 couche et à Masako aucune poterie n'a été collectée. Ceci justifierait l'exploitation des sites par les activités humaines pendant les époques passées et que les forêts secondaires furent habitées. Ces vestiges sont transportés et enfouis dans les couches profondes de sol par les activités conjuguées pédofaune et/ou processus de colluvionnement.

## Chapitre 4. DISCUSSION

### 4.1. LES ANTHRACOMASSES SPECIFIQUES

Les anthracomasses spécifiques de notre recherche se répartissent selon les types de forêts, la profondeur dans le sol et la densité maximale et minimale dans les couches de fosses pédoanthracologiques de différents sites.

Pour le site de Yangambi, la forêt secondaire a une anthracomasse spécifique moyenne supérieure (45,458 et 17,459 mg/kg) à celle de la forêt primaire (5,638 et 1,715 mg/kg), les anthracomasses spécifiques sont très élevées dans les 7 premières couches en forêts secondaires et faibles dans les 2 dernières couches. Tandis qu'en forêt primaire les couches du milieu ont des grandes anthracomasses spécifiques par rapport aux 2 premières et 7 dernières couches où d'autres couches sont même vides.

Cette situation est semblable à celle rencontrée par Hubau (2009) au Bas-Congo où les 2 dernières couches de puits 2, 4, 6, 7 et 11 étaient vides. Pour Gruslin (2009) seule la dernière couche de chaque puits était vide et aussi les 3 premières couches du 6<sup>ème</sup> puits.

En forêt secondaire, pour Yangambi I, les anthracomasses spécifiques les plus élevées sont celles de la 1<sup>ère</sup> couche (181,054 mg/kg) et les plus faibles 0,032 mg/kg à la 14<sup>ème</sup> couche. Alors que pour Yangambi II, les plus élevées sont enregistrées dans la 5<sup>ème</sup> couche (263,762 mg/kg) et les plus petites 0,048 mg/kg de la 14<sup>ème</sup> couche.

En forêt primaire, Yangambi III ses valeurs les plus élevées sont 7,279 mg/kg de la 6<sup>ème</sup> couche et les petites 0 mg/kg de la 1<sup>ère</sup> couche, alors que pour Yangambi IV les valeurs les plus élevées sont 41,222 mg/kg de la 4<sup>ème</sup> couche et les faibles 0 mg/g de la 9<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> couche.

Quant au site de la Yoko, la forêt secondaire a des anthracomasses spécifiques moyennes élevées (65,644 et 24,953 mg/kg) par rapport à la forêt primaire (29,559 et 4,668 mg/kg).

Pour les 2 fosses de la forêt secondaire, les 2 premières couches ont des anthracomasses spécifiques élevées; mais aussi dans la 8<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> couche pour Yoko I. Tandis qu'en forêt primaire les anthracomasses spécifiques les plus élevées sont enregistrées dans les premières couches alors que les dernières couches sont vides

En forêt secondaire, pour Yoko I, les anthracomasses spécifiques les plus élevées même pour toutes nos observations sont celles de la 8<sup>ème</sup> couche (352,136 mg/kg) et les plus faibles 0,783 mg/kg à la 4<sup>ème</sup> couche. Alors que pour Yoko II, les plus élevées sont enregistrées dans la 1<sup>ère</sup> couche (184,917 mg/kg) et les plus petites 0 mg/kg de la 13<sup>ème</sup> couche.

En forêt primaire, Yoko III ses valeurs les plus élevées sont 16,642 mg/kg dans la 7<sup>ème</sup> couche et les petites 0 mg/kg dans la 12<sup>ème</sup> et 13<sup>ème</sup> couches, alors que pour Yoko IV les valeurs les plus élevées sont 332,552 mg/kg dans la 1<sup>ère</sup> couche faibles dans les 6 dernières couches.

Pour le site de Masako, la forêt primaire a des anthracomasses spécifiques moyennes supérieures (14,305 et 2,807 mg/kg) à celles de la forêt secondaire (12,063 et 0 mg/kg), les anthracomasses spécifiques sont très élevées dans les 4 premières couches de Masako III en forêts primaire et nulles dans les 3 dernières couches. Tandis qu'en forêt secondaire toutes les couches de Masako I sont nulles par rapport à Masako II qui a les anthracomasses spécifiques les plus élevées dans la 10<sup>ème</sup> couche et les plus faibles 0 mg/kg de la 14<sup>ème</sup> couche.

En forêt secondaire; pour Masako I, les anthracomasses spécifiques sont 0 mg/kg pour toutes les couches. Alors qu'en Masako II les valeurs les plus élevées sont 143,786 mg/kg de la 10<sup>ème</sup> couche et les plus petites 0 mg/kg de la 2<sup>ème</sup> et 14<sup>ème</sup> couche.

En forêt primaire; Masako III ses valeurs les plus élevées sont 83,767 mg/kg de la 4<sup>ème</sup> couche et nulles dans les 3 dernières couches. Pour Masako IV les valeurs les plus élevées sont 15,23 mg/kg de la 2<sup>ème</sup> couche et les faibles 0 mg/g dans les 3 dernières couches.

Pour ce qui est du site de Kole toutes les fosses en forêt primaire seulement, Kole II a des anthracomasses spécifiques moyennes supérieures (3,885 mg/kg) à celles de Kole I (1,130 mg/kg), pour toutes les 2 fosses les anthracomasses spécifiques élevées sont enregistrées dans la 1<sup>ère</sup> couche, alors que 0 mg/kg de 5 dernières couches comme les faibles et de 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> couche pour Kole I.

Pour Kole I, les anthracomasses spécifiques les plus élevées sont celles de la 1<sup>ère</sup> couche (7,668 mg/kg) et les plus faibles 0 mg/kg de 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> couche, mais aussi de 5 dernières couches. Alors que pour Kole II, les plus élevées sont 34,246 mg/kg enregistrées dans la 1<sup>ère</sup> couche et les plus petites 0 mg/kg dans les 5 dernières couches.

Ces résultats corroborent ceux trouvés par Hubau (2009) au Bas-Congo dans la réserve de biosphère de Luki, sur un total de 12 fosses; il obtient 543,119 mg/kg à Kisala Singa (puits 8)

comme les anthracomasses spécifiques les plus élevées de toutes les fosses. Celles-ci sont supérieures à la notre trouvée à la Yoko I (352,136 mg/kg).

Par ailleurs Gruslin (2009) exprime ses résultats en nombre moyen de fragments de charbon par profondeur sur un total de 60 cm de profondeur par pas de 10 cm au lieu de l'anthracomasse spécifique et 140 cm de profondeur chez nous. Il trouve 11,4 comme nombre moyen le plus élevé de charbons de bois sur un total de 25 fosses.

Cerisier (2009) a présenté tout simplement les résultats en nombre d'échantillons de charbon récoltés par fosse sur un total de 9 fosses de 4 zones d'études différentes, il trouve le nombre d'échantillons de charbon le plus élevé 7 au lieu de l'anthracomasse spécifique chez nous.

Touflan, P. et Talon, B (2008), exprimèrent leurs résultats de la recherche en anthracomasse spécifique taxonomique (AST) et en anthracomasse spécifique par profil (ASP).

A l'observation des résultats, il apparaît que pour les différents sites et types de forêts, les forêts secondaires ont une stratification plus hétérogène que les forêts primaires, Pour les sites, le site de la Yoko a une stratification plus hétérogène en charbon de bois, suivi de celui de Kole, de celui de Yangambi et en fin de celui de Masako. Car les valeurs des anthracomasses spécifiques ne sont regroupées autour de leurs moyennes

#### 4.2. IDENTIFICATION BOTANIQUE

La famille des Fabaceae (Caesalpiniaceae) que nous avons identifié; a été également trouvé dans les assemblages de charbon de bois identifiés par Gruslin Op.cit dans son étude sur l'origine de la forêt au Nord de la République du Congo (Brazzaville).

La même famille a été rencontrée dans les assemblages de charbon de bois collectés par Cerisier F. op.cit au Sud-est du Cameroun, mais accompagnées d'autres familles telles que: les Ebenaceae, Euphorbiaceae, Moraceae, Meliaceae et tant d'autres.

Lors d'une étude de la phytobiodiversité dans la réserve forestière de la Yoko, Lomba (2007) a trouvé que la famille des Fabaceae était abondante à (28,9%), suivie de celles des Annonaceae (7,4%), Euphorbiaceae (6,7%) etc

Ces résultats corroborent ceux de Picard, N et Gourlet, F. S (2008) qui trouvent que parmi 24 espèces prioritaires dans 400 ha de dispositif permanent de la Yoko, les espèces appartenant à

la famille des Fabaceae (Caesalpinaceae) sont les plus abondantes et constitue la famille caractéristique de la forêt tropicale humide africaine.

Dans la même réserve forestière de la Yoko, Shaumba (2009) a trouvé la famille Fabaceae plus représentée en espèces associées à d'autres familles.

Kumba (2007) et Lisingo (2009) confirment les mêmes résultats pour la famille des Fabaceae(Caesalpinaceae) des Annonaceae, des Meliaceae et d'autres à la Yoko.

Hart.T. et *al* (1996) trouvèrent la famille de Fabaceae (Caesalpinaceae) plus abondante dans les collections de charbons de bois extraits à Epulu (Ituri, RD Congo).

Rolando, C et Roset, J.P. (1991) identifèrent les Asclepiadacées dans les assemblages de charbons de bois collectés de Tin Ouaffadene au Niger.

Selon Leal (2004) les Fabaceae (Caesalpinaceae) constituent la famille des arbres typiquement les plus émergents, abondants et dominants. Ceci grâce à la dissémination anémochore de ses diaspores, aux conditions écologiques déterminant sa distribution géographique très large et l'adaptation aux sols acides de la forêt primaire de l'Afrique tropicale humide

Son couvert végétal abondant empêche les rayons du soleil d'atteindre directement le sol, par conséquent le sous-bois reste toujours humide et frais.

Elles interviennent dans la réduction de l'érosion par l'exploitation de son système racinaire abondant et empêchent la progression de cette dernière. Participent à la gestion conservatoire de l'eau (source d'eau, les rivières et ruisseaux), de la biomasse et de la fertilité des sols en Afrique tropicale humide.

Selon Mark (2009) les Fabaceae assurent plusieurs fonctions biochimiques notamment la fixation de l'azote atmosphérique (N<sub>2</sub>) par la présence des mycorhizes; sa stabilisation, son assimilation et sa disponibilité dans le sol de forêts primaires, le stockage et le recyclage de carbone.

### 4.3. POTERIES

Les 6 poteries ont été collectées dans 3 sites sur 4, dans 5 fosses sur un total de 14.

Les forêts secondaires contiennent plus de poteries que les forêts primaires.

A Kole, nous avons collecté 1 poterie en forêt primaire.

A Masako, aucune poterie n'a été collectée.

A Yangambi, nous avons collecté les poteries dans 2 fosses sur 4; 1 poterie en forêt secondaire et 1 autre en forêt primaire

A la Yoko, 3 poteries ont été collectées dans 2 fosses sur 4, toutes en forêt secondaire.

Chez les autres chercheurs, les résultats relatifs aux poteries concernaient les zones d'étude et non les types de forêts.

Cerisier (2009) trouve un record de 144 fragments de poteries sur un total de 4 zones d'études au Cameroun, la zone 1, 2 et 3 ont été riches en poteries sauf la zone 4 qui en était dépourvue.

Ce cas est similaire au notre car nous n'avons pas trouvé des poteries à Masako

Gruslin (2009) fait remarquer que l'impact humain sur les parcelles est avéré par la présence d'indices archéologiques (poteries) dans chacune des parcelles étudiées.

Hubau (2009) a vu que les poteries étaient présentes dans tous les sites d'étude, et dans différentes profondeurs dans le sol.

La présence humaine est souvent liée à la présence de noix de palme calcinées, ce qui confirme l'évolution commune de ces éléments dans l'espace. Cependant, rien ne permet de savoir si du palmier ou de l'homme est arrivé en premier sur la zone d'étude et a attiré l'autre.

De cette analyse préliminaire, il apparaît que les sols des forêts secondaires contiennent plus de charbon de bois que ceux des forêts primaires. Cependant, la fosse pédoanthracologique IV de la Yoko en forêt primaire fait exception à ce constat.



## CONCLUSION ET SUGGESTIONS

L'hypothèse de base de cette étude consistait à reconstruire l'histoire de l'évolution de la végétation ligneuse au cours du temps et la stratification en charbons de bois de différents sols forestiers de la région de Kisangani. Les résultats obtenus nous permettent de donner la conclusion suivante:

La présence de charbons de bois dans les différents types de sols forestiers bien stratifiés dans toutes les couches de sol, traduit l'évolution de la végétation ligneuse qui a subi des feux répétés au cours du temps, Les forêts secondaires de la région de Kisangani présentent un cycle normal de l'évolution car les charbons de bois ont été collectés dans presque toutes les couches. Ceci explique aussi les liens et interactions entre cette histoire et le contexte humain.

Concernant la sélection des espèces ligneuses, nous avons collecté beaucoup de charbons de bois quantifiés en anthracomasse spécifique et identifiés la famille de Fabaceae pour quelques charbons analysés. L'identification complète de nos échantillons pourra constituer l'objet d'une étude.

La famille des Fabaceae (Caesalpiaceae) identifiée reflète la réalité actuelle sur le terrain. Nous confirmons donc les études de nos prédécesseurs qui disent que la famille des Fabaceae (Caesalpiaceae) est abondante et caractéristique de la forêt tropicale humide.

Les forêts tropicales d'Afrique centrale, considérées depuis des siècles comme des forêts primaires, c'est-à-dire des forêts exemptes de traces de perturbations anthropiques, seraient des forêts secondaires issues d'une recolonisation sur de vastes zones dégradées.

En guise des perspectives d'avenir, nous suggérons:

- que le travail d'identification des charbons collectés se poursuive au moins 2 à 6 charbons de bois par couche et pour chaque fosse jusqu'au niveau de l'espèce;
- que la datation de charbons de bois soit faite pour déterminer l'âge de charbon;
- que chaque type de forêts soit divisé en 4 parcelles d'un hectare chacune et que chacune ait 6 à 10 fosses pédoanthracologiques pour permettre la comparaison de données issues des inventaires floristiques;
- que les analyses pédologiques soient faites pour voir la relation entre types de sols et stratification en charbon de bois;
- Qu'une étude sur l'importance des Fabaceae (Caesalpiaceae) dans la forêt primaire soit menée pour découvrir leur spécificité en forêt tropicale humide.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Assoko Ndong, A. 2002. Synthèse des données archéologiques récentes sur le peuplement à l'Holocène de la réserve de faune de la Lopé, Gabon. *L'anthropologie* (106), 135-158.
- Beguïn, H. 1958. Géographie humaine de la région de Bengamisa; publication de l'INEAC, Ser, Sc, n°74, 69 p.
- Boyemba, B. 2006. Diversité et Régénération des essences forestières exploitées dans les forêts des environs de Kisangani (RDC), Mémoire de DEA, ULB, 101 p.
- Braadbaart, Poole. I et Vanbrussel.A.A. (2009). Preservation potential of charcoal in alkaline environments: an experimental approach and implications for the archaeological record. *Journal of Archaeological Sciences* 36, 1672–1679.
- Braadbaart et Poole. I. 2008. Morphological, chemical and physical changes during charcoalification of wood and its relevance to archaeological contexts. *Journal of Archaeological Scienc.* 35, 2434–2445.
- Brcic, T.M. Willis.K.J., Harris.D.J., Telfer.M et Baily.R. 2009. Fire and climate change impacts on lowland forest composition in northern Congo during the last 2580 years from palaeoecological analyses of a seasonally flooded swamp. *The Holocene* 19 (1) 79–89.
- Brcic, T.M. Willis.K.J., Harris.D.J et Washington.R. 2006. Culture or climate? The relative influences of past processes on the composition of the lowland Congo rainforest. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 362, 229-242.
- Bultot, F. 1977. Atlas climatique du bassin zaïrois. IVe: pression atmosphérique, vent en surface et en altitude, température et humidité de l'air en altitude, nébulosité et visibilité, classification climatique, propriétés chimiques de l'air et des précipitations. Bruxelles: Publ. INEAC, 236 p.

- Carcaillet, C. et Thinon, M., 1996. Pedoanthracological contribution to the evolution of the upper treeline in the Maurienne Valley (North French Alps): Methodology and preliminary data. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 9 : 399-416.
- Cerisier, F. 2009. Etude écologique et archéologique sur l'origine des peuplements de *Pericopsis elata* (HARMS) MEEUWEN (Assamela) des forêts semi-sempervirentes du sud-est du Cameroun, thèse de doctorat, mémoire de master, Faculté Université des sciences Agoromiuges de Gembloux, Belgique, 144 p.
- Clark, J. S. 1988. Particle motion and the theory of charcoal analysis: Source area, transport, deposition, and sampling. *Quaternary Research*, 30: 67-80.
- Delneuf, M. Otto .T et Thinon. M. 1998. Occupations humaines anciennes et dynamique Forestière Approche croisée en plaine Tikar au Cameroun in peuplements anciens et actuels des forêts tropicales, 128-156.
- Dechamps. R., Lanfranchi. R., Le cocq. A et Schwartz. D. 1987. Reconstitution d'environnements Quaternaires par l'étude de macrorestes végétaux. (Pays Bateke, R.P. du Congo). *Palaegeography, palaeoclimatology, Palaeoecology* Elsevier **66**, 33-44.
- FAO, 2006. Evaluation des ressources forestières mondiales 2005 - Progrès vers la gestion forestière durable Étude FAO Forêts No. 147. Rome. 67p
- Gruslin, D. 2009. L'origine des forêts au Nord de la République du Congo : une contribution archéo-anthracologique, mémoire de master, Faculté Université des sciences Agoromiuges de Gembloux, Belgique, 123P
- Hart, T.B. Hart, J.A., Dechamps, R., Fournier, M. & Atoholo, M. 1996. Changes in forest composition over the last 4000 years in the Ituri basin, Zaire. The biodiversity of African plants (ed. by L.J.G. Van der Maesen, X.M. Van der Burgt and J.M. Van Medenbach-de Rooy), Kluwer, Dordrecht, 545-563.
- IAWA, 1989. List of microscopic features for hardwood identification: with an

appendix on non-anatomical information. IAWA bulletin 10 (3) 221-332.

IIED, 1988. Rapport du Séminaire sur la politique forestière au Zaïre, Kinshasa, 11-13 mai, Washington D.C., USA : 216 p

I.G.C.B, 1957. Géodésie et topographie : Ligne Buta stanley (CF), édition I.G.C.B. Bruxelles, 36P acquiot.C., Trenard.Y et Dirol. D, 1973. Atlas d'anatomie des bois des Angiospermes (*Essences feuillues*). Paris. Centre technique du bois. 2 tomes. 72 pl. h. t. 175 p.

Juakaly, B. 2002. Macrofaune et Mesofaune du sol dans un système de culture sur brulis en zone équatoriale (Masako, Kisangani, R. D. CONGO): Distribution spatiale et temporelle.D.E.S, Fac. Sci. /UNIKIS, 86 p

Kammen, D.M. & Lew, D.J. 2005. Review of the technologies for the production and use of charcoal: renewable and appropriate energy laboratory report. Berkeley, University of California. 67 p.

Kombele, F.B.M. 2004. Diagnostic de la fertilité des sols dans la cuvette centrale congolaise. Thèse de doctorat, Faculté Universitaire de Gembloux, Gembloux, 12-22.

Kumba, L. 2007. Analyse de la structure spatiale des données ponctuelles par la méthode des distances appliquées à l'écologie du paysage. Cas de Gilbertiodendron dewevrei (DE WILD) J.LEONARD, Scorodophloeus zenkeri HARMS et Uapaca guinensis MULL. Arg. dominants de la réserve forestière de la Yoko. Kis-RDC. DEA UNIKIS, Fac des sciences. 73 p.

Leal. M. E. (2004) The African rain forest during the Last Glacial Maximum, an archipelago of forests in a sea of grass, Wageningen, 110 p.

Lebrun & Gilbert, 1954. Une classification écologique des forêts du Congo belge, I.N.E.A.C., Sér. sci. N° 63. Bruxelles, 89 p.

- Lisingo, W. L. 2009. Typologie des forêts denses des environs de Kisangani par une méthode d'analyse phytosociologique multistrat. DEA Fac des sciences, UNIKIS. 91 p.
- Lokombe, D. 2004. Caractéristiques dendrométriques et stratégie d'aménagement de la forêt dense humide à *Gilbertiodendron dewerei* en région de Bengamisa, thèse de doctorat, IFA Yangambi, 223 p.
- Lomba, B. 2007. Contribution à l'étude de la phytodiversité de la Reserve forestière de Yoko (Ubundu, R.D.Congo), Mémoire de D.E.S, UNIKIS, 60 p.
- Maley, J. 1990. L'histoire récente de la forêt dense humide africaine : essai sur le dynamisme de quelques formations forestières in *Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*, Paris, 367-589.
- Maley, J. 1996. Le cadre paléoenvironnemental des refuges forestiers africains: quelques données et hypothèses. *The Biodiversity of African Plants*, France, 519-535.
- Maley, J. 2004. Les variations de la végétation et des paléoenvironnements du Domaine forestier africain au cours du Quaternaire récent. In: J. Renault-Miskovsky & A.M. Semah (eds.) *Guide de la préhistoire mondiale*. Publ. Artcom, France, 143-178.
- Marguerie, D et Hunot, J.Y. 2007. Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in north-western France. *Journal of Archaeological Science* 34, 1417-1433
- Mark, W.S. 2009. National Plant Data Cente, USDA-NRCS, in *SITI*. 5-15
- Neumann, K. 1989. Holocene vegetation of the Eastern Sahara: charcoal from prehistoric sites. *The African Archeological Review* 7, 97-116.
- Nyakabwa, M. 1982. Phytocénose de l'écosystème urbain de Kisangani. Thèse de doctorat, Vol I, Fac. Sci. /UNIKIS, 428 p.

- Picard, N et Gourlet, F. S. 2008. Analyse des données de pré inventaire de Yoko. UPR « Dynamique des forêts naturelles », Libreville, Gabon, 22 p.
- Ramade, 2003. Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale, 3e éd. Dunod, Paris, 690 P.
- Rolando, C. et Roset, J.P. 1991. Première approche par l'analyse anthracologique de la végétation de Tin Ouaffadene (gisement archéologique de l'Holocène ancien, Niger nord-oriental (1) Institut méditerranéen d'écologie et de paléoécologie. *Histoire et Dynamique des Milieux Arides*, Paris, 80-91.
- Schwartz, D. 1992. Assèchement climatique vers 3 000B.P. et expansion Bantu en Afrique centrale atlantique : quelques réflexions. *Bulletins de la Société Géologique de France*. Orstrom, 163 (3), 353-361.
- Schwartz, D. Dechamps, R., Elenga, H., Lanfranchi, R., Mariotti, A et Vincens, A. 1999. Les savanes du Congo : une végétation spécifique de l'Holocène Supérieur. Tervuren: 2<sup>nd</sup>. *Symposium of African Palynology*, 35-67.
- Scott, A.C. 2000. The Pre-Quaternary history of fire. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, palaeoecology* 164, 281-329.
- Scott, A.C., Cripps, J.A., Collinson, J.E et Nichols, G.J. 2000. The taphonomy of charcoal following a recent heathland fire and some implications for the interpretation of fossil charcoal deposits. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 164, 1-31.
- Scott, A.C et Glasspool, I.J. 2007. Observations and experiments on the origin and formation of inertinite group macerals. *International Journal of Coal Geology* 70, 53–66.
- Senterre, B. 2005. Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale, Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 345 p.

- Shaumba, J.P. 2009. Analyse de la régénération et de la répartition spatiale de Fabaceae-Caesalpinioideae dans la forêt de Yoko (Kisangani, R.D Congo) cas de *Prioria basalmifera* Harms, *Prioria oxyphylla* (Vermoesen) Breteler et *Scorodophloeus zenkeri* J. Léonard. Mémoire DEA à la Faculté des Sciences UNIKIS 40-49.
- Stassen, H.E. 2002. Developments. *Charcoal production technologies*. *Unasylva*, 211, 34-35.
- Soki, K. 1994. Biologie et écologie des termites (Isoptère) des forêts ombrophiles du Nord Est du Zaïre (Kisangani). Thèse de doctorat inédite, ULB, 329 p.
- Talon, B. 1997. Evolution des zones supraforestières des alpes sud-occidentales françaises au cours de l'Holocène. Analyse pédoanthracologique. Thèse de doctorat en sciences. Aix-Marseille III, 130 p.
- Talon, B. 1999. Étude anatomique et comparative de charbons de bois de *Larix decidua* Mill. et de *Picea abies* (L.) Karst. *Wood charcoal*, France, 12-45.
- Talon, B., Carcaillet, C et Thinon, M., 1998. Études pédoanthracologiques des variations de la limite supérieure des arbres au cours de l'Holocène dans les alpes françaises » in *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 52, n° 2, 1998, 195-208.
- Thinon, M. 1978. La pédoanthracologie : une nouvelle méthode d'analyse phytochronologique depuis le néolithique. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 287, série D : 1203-1206, 1-45.
- Thinon, M. 1992. L'analyse pédoanthracologique aspect méthodologique et applications. Thèse Doct. Etat, Univ. d'Aix-Marseille III, Marseille : 317 p.
- Touflan, P. et Talon, B. 2008. Histoire et dynamique d'une forêt subalpine (Alpes du Sud, Queyras) en vue de la reconstitution des paysages du passé, in *Paysages et Environnement. De la reconstitution du passé aux modèles prospectifs* 171-184.
- Tshimpanga, C. 2009. De la filière de charbon de bois et son incidence socio-économique à Kisangani et ses environs, mémoire de D.E.A. fac des sc, Unikis, 1-7.

Van Wambeke, A. 1958. Notice explicative de la carte des sols et de la végétation du CongoBelge et du Rwanda-Urundi, livraison 12 : Région de Bengamisa, Publication de l'INEAC, 47 p.

Vande weghe, J.P. 2004. Forêts d'Afrique Centrale, la nature et l'homme. Tielt Belgique : Ecofac, Lannoo SA(ed.). 367p.

Hubau, W. 2009. Charcoal from the Southern Mayumbe, Democratic Republic of Congo: a Pedoanthracological Contribution to the Refuge Hypothesis, mémoire de master, Université de Gant, Belgique,

Waterbolk, H. T. 1971. Working with radiocarbons dates. *Proceedings of the Prehistory Society* 37 (2), 15-33.

White, F. (1983). The vegetation of Africa. UNESCO/AETFAT/UNSO, Maps & Memoir, 356p.

#### WEBOGRAPHIE

Inside Wood (consulté du 2 Octobre au 14 Novembre 2010)

Xylarium Wood date base - metafro infosys (consulté du 15 Octobre au 14 Novembre 2010)



# **ANNEXES**

## ANNEXES 1.DONNEES RELATIVES A L'ANTHRACOMASSE SPECIFIQUE

### 1) SITE DE YANGAMBI A) FORET SECONDAIRE

FOSSE : YAN/2010/I

Couche	Masse de terre (kg)	Anthracomasse	Anthracomasse spécifique
0-10	159,9188	28954	181,054
10-20	172,1419	968	5,623
20-30	168,0676	1114	6,628
30-40	166,0304	4348	26,187
40-50	177,2349	148	0,835
50-60	183,3464	567	3,092
60-70	200,6625	2364	11,78
70-80	190,4766	1144	6,005
80-90	183,3464	117	0,638
90-100	186,4022	254	1,362
100-110	192,5138	12	0,062
110-120	188,4394	201	1,066
120-130	193,5324	13	0,067
130-140	184,365	6	0,032
Somme			244,431
Moyenne			17,45935714
Variance			2266,364937
Ecart-type			47,60635396

FOSSE : YAN/2010/II

Couche	Masse de terre (kg)	Anthracomasse	Anthracomasse spécifique
0-10	161,956	6666	41,159
10-20	166,03	214	1,288
20-30	166,03	7451	44,877
30-40	157,881	37769	239,233
40-50	158,9	41912	263,762
50-60	166,03	564	3,396
60-70	179,272	1159	6,465
70-80	172,142	4106	23,852
80-90	168,067	486	2,891
90-100	161,956	833	5,143
100-110	174,179	240	1,377
110-120	179,272	216	1,204
120-130	176,216	302	1,713
130-140	186,402	9	0,048
Somme			636,408

Moyenne	45,4577143
Variance	7865,09023
Ecart-type	88,6853439

## B) FORET PRIMAIRE

### FOSSE : YAN/2010/ III

Couche	Masse de terre	Anthracomasse	Anthracomasse spécifique
0-10	128,342	0	0
10-20	171,123	0	0
20-30	177,234	101	0,569
30-40	184,365	194	1,052
40-50	181,309	499	2,752
50-60	179,272	1305	7,279
60-70	178,253	895	5,02
70-80	188,439	815	4,324
80-90	178,253	107	0,6
90-100	177,234	31	0,174
100-110	175,197	17	0,097
110-120	188,439	68	0,36
120-130	176,216	8	0,045
130-140	159,918	278	1,738
Somme			24,01
Moyenne			1,715
Variance			5,250768462
Ecart-type			2,291455533

### FOSSE : YAN/2010/IV

Couche	masse de terre	Anthracomasse	Anthracomasse spécifique
0-10	141,584	115	0,812
10-20	172,142	1073	6,233
20-30	178,253	3188	17,884
30-40	179,272	7390	41,222
40-50	186,402	1094	5,869
50-60	193,532	686	3,544
60-70	198,625	363	1,827
70-80	178,253	299	0,559
80-90	178,253	0	0
90-100	178,253	0	0
100-110	180,29	35	0,194
110-120	186,402	8	0,042
120-130	181,309	10	0,055
130-140	189,458	131	0,691
Somme			78,932

Moyenne	5,638
Variance	128,058244
Ecart-type	11,3162822

2) SITE DE YOKO

A) FORET SECONDAIRE

FOSSE : YOK/2010/I

Couche	Masse de terre	Anthracomasse	Anthra comasse spécifique
0-10	155,335	23248	149,663
10-20	167,049	11667	69,841
20-30	170,614	1050	6,154
30-40	168,576	132	0,783
40-50	174,179	241	1,383
50-60	169,595	219	1,291
60-70	166,030	1024	6,167
70-80	165,521	58286	352,136
80-90	173,160	48308	278,978
90-100	167,558	6499	38,786
100-110	165,521	1033	6,24
110-120	156,353	691	4,419
120-130	167,049	381	2,28
130-140	166,539	149	0,894
Somme			919,015
Moyenne			65,6439286
Variance			13109,7249
Ecart-type			114,497707

## FOSSE : YOK/2010/II

Couche	Masse de terre	Anthracomasse	Anthracomasse specifique
0-10	151,77	28065	184,917
10-20	159,918	20314	127,026
20-30	177,234	3161	17,853
30-40	168,067	1073	6,384
40-50	179,272	1206	6,727
50-60	168,067	78	0,464
60-70	172,142	696	4,043
70-80	174,179	19	0,109
80-90	177,234	38	0,214
90-100	153,807	4	0,026
100-110	162,974	108	0,662
110-120	155,844	136	0,872
120-130	174,179	0	0
130-140	162,974	7	0,042
Somme			349,339
Moyenne			24,9527857
Variance			3233,4983
Ecart-type			56,8638575

## B) FORET PRIMAIRE

## FOSSE : YOK/2010/III

Couche	Masse de terre	Anthracomasse	Anthracomasse specifique
0-10	175,197	43	0,243
10-20	161,956	1182	7,298
20-30	177,234	1112	6,274
30-40	171,123	27	0,157
40-50	166,030	388	2,336
50-60	172,142	2125	12,344
60-70	168,067	2797	16,642
70-80	150,751	1030	6,832
80-90	167,049	310	1,855
90-100	162,974	1080	6,626
100-110	160,937	678	4,212
110-120	155,844	0	0
120-130	79,450	0	0
130-140	81,487	44	0,539
Somme			65,358
Moyenne			4,66842857
Variance			25,7252623
Ecart-type			5,07200772

FOSSE : YOK/2010/IV

Couche	masse terre	Anthracomasse	Anthracomasse specifique
0-10	192,513	64021	332,552
10-20	195,559	9455	48,345
20-30	194,551	2062	10,598
30-40	192,513	4111	21,354
40-50	194,551	23	0,118
50-60	185,383	22	0,118
60-70	189,458	42	0,221
70-80	191,495	100	0,522
80-90	186,402	0	0
90-100	181,309	0	0
100-110	90,654	0	0
110-120	85,052	0	0
120-130	88,617	0	0
130-140	88,108	0	0
Somme			413,828
Moyenne			29,5591429
Variance			7789,56391
Ecart-type			88,2585062

3) SITE DE MASAKO

A) FORET SECONDAIRE. FOSSE : KOL/2010/I

Couche	masse de terre	Anthracomasse	Anthracomasse specifique
0-10	129,361	0	0
10-20	153,807	0	0
20-30	152,788	0	0
30-40	160,937	0	0
40-50	173,16	0	0
50-60	146,677	0	0
60-70	172,142	0	0
70-80	190,476	0	0
80-90	79,959	0	0
90-100	88,617	0	0
100-110		0	0
110-120		0	0
120-130		0	0
130-140		0	0
Somme			0
Moyenne			0
Variance			0
Ecart-type			0

## FOSSE : MAS/2010/II

Couche	Masse de terre	Anthracomasse	Anthracomasse spécifique
0-10	168,067	324	1,927
10-20	174,179	0	0
20-30	162,974	616	3,779
30-40	168,067	11	0,065
40-50	158,9	458	2,882
50-60	180,29	932	5,169
60-70	178,278	550	3,085
70-80	179,279	15	0,083
80-90	181,309	110	0,606
90-100	175,197	25191	143,786
100-110	176,216	257	1,458
110-120	171,123	954	5,574
120-130	90,654	0	0
130-140	87,598	83	0,473
Somme			168,887
Moyenne			12,0633571
Variance			1441,03098
Ecart-type			37,9609139

## 1) FORET PRIMAIRE

## FOSSE : MAS/2010/III

Couche	Masse de terre	Anthracomasse	Anthracomasse spécifique
0-10	180,29	2346	13,012
10-20	177,234	416	2,347
20-30	183,346	13006	70,936
30-40	191,495	16041	83,767
40-50	191,495	4829	25,217
50-60	188,439	49	0,26
60-70	198,625	616	3,101
70-80	195,569	201	1,027
80-90	195,569	25	0,127
90-100	190,476	69	0,362
100-110	192,513	23	0,119
110-120	189,458	0	0
120-130	193,532	0	0
130-140	187,42	0	0
somme			200,275
moyenne			14,3053571
variance			769,649115
Ecart-type			27,7425506

## FOSSE : MAS/2010/IV

Couche	masse de terre	Anthracomasse	Anthracomasse specifique
0-10	136,491	47	0,344
10-20	146,677	2234	15,23
20-30	143,621	192	1,336
30-40	162,974	179	1,098
40-50	170,104	1180	6,936
50-60	183,346	1573	8,579
60-70	165,011	133	0,806
70-80	172,142	340	1,975
80-90	175,197	287	1,638
90-100	179,272	192	1,07
100-110	163,993	37	0,225
110-120	185,383	0	0
120-130	182,327	0	0
130-140	182,327	0	0
Somme			39,237
Moyenne			2,80264286
Variance			19,6331235
Ecart-type			4,43092806



4) SITE DE KOLE  
 FORET PRIMAIRE FOSSE : KOL/2010/I

Couche	Masse de terre	Anthracomasse	Anthracomasse spécifique
0-10	129,361	992	7,668
10-20	179,272	170	0,948
20-30	204,736	1041	5,084
30-40	199,644	310	1,552
40-50	212,885	0	0
50-60	196,588	0	0
60-70	188,439	11	0,058
70-80	190,476	75	0,393
80-90	190,476	23	0,12
90-100	101,859	0	0
100-110	99,822	0	0
110-120	94,219	0	0
120-130	99,312	0	0
130-140	97,784	0	0
Somme			15,823
Moyenne			1,13021429
Variance			5,40319387
Ecart-type			2,32447712

FOSSE : KOL/2010/II

Couche	Masse de terre	Anthracomasse	Anthracomasse spécifique
0-10	174,179	5965	34,246
10-20	178,253	92	0,516
20-30	189,458	104	0,548
30-40	188,439	542	2,876
40-50	193,532	1466	7,574
50-60	193,532	6	0,031
60-70	192,513	88	0,457
70-80	178,253	42	0,235
80-90	194,551	27	0,138
90-100	96,766	0	0
100-110	89,636	0	0
110-120	88,108	0	0
120-130			
130-140			
Somme			46,621
Moyenne			3,88508333
Variance			96,1954124
Ecart-type			9,807926

**ANNEXES 2** : Tableau 7. Exemple de description obtenue lors de l'étude d'un charbon sur Inside Wood (chercher sur Modern Wood)

Critères primaires	Critères secondaires	Critères tertiaires
3p 5r 6e 9e 12e 13r 19e 26e 27e 36e 45e 49e 50e 59e 70e 75e 87e 88e 96e 98r 99e 100e 104e 105e 117e 118e 179r	7a 8a 10a 11a 40a 76a 77a 80p 81p 90a 97a 102a 103a 106p 108a 109a	22p 30p 43a 48a 79p 82p 83p

Les chaînes de caractères utilisées pour la recherche dans la base de données Inside wood.

D'où :

a : absence

e : exclu

p : présence

r : requis.