

# Chapitre 9

## Dynamique de la végétation ligneuse de la réserve forestière de Yoko au cours des deux derniers millénaires

John TSHIBAMBA MUKENDI, Wannes HUBAU, Honorine NTAHOBAVUKA, Faustine BOYEMBA BOSELA, Charles DE CANNIÈRE & Hans BEECKMAN

L'histoire des peuplements à *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen provient de la perturbation anthropique récente. Le principal objectif de la présente étude est de mettre cette conclusion en contexte, en la comparant aux résultats d'autres types de forêts. À part 10 fosses sous *P. elata*, la démarche a consisté à analyser 6 fosses (puits ou profils) de trois autres types de forêts (2 fosses de chaque type). Ainsi, nous mettons en évidence l'origine de la mosaïque de peuplements forestiers présents dans la réserve forestière de Yoko. Les traces des feux anciens remontent jusqu'aux deux derniers millénaires, et leur chronologie se répartit en cinq périodes regroupées en trois phases chronologiques : une phase « récente » entre 25 à 430 calyr BP, une phase « intermédiaire » entre 680 à 1 195 calyr BP et une phase « ancienne » entre 1 235 à 2 300 calyr BP. Ces phases successives de feux soutiennent l'idée que la réserve forestière de Yoko a subi des perturbations au cours de ces deux derniers millénaires, et plus intensives pendant les derniers 500 ans. Nous montrons que ce sont ces perturbations qui ont vraisemblablement conduit à l'installation de la flore actuelle. La présence des poteries suggère que l'homme s'y était installé et qu'au moins quelques feux pourraient avoir une origine anthropique. Les résultats d'identification des charbons de bois des 16 puits révèlent 70 types anthracologiques, majoritairement issus de la forêt primaire. Une grande partie remarquable des types anthracologiques appartiennent aux *Scorodophloeus zenkeri* Harms et *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Ensuite, la plupart des types de charbons appartenant aux espèces des forêts secondaires apparaissent principalement dans les puits creusés sous *P. elata*. En outre, *P. elata* lui-même est, sauf une seule exception, absent des charbons. En contraste avec l'histoire de *P. elata*, les histoires de végétation des forêts semi-décidue à *S. zenkeri*, à Marantaceae et à *G. dewevrei* paraissent plutôt stables lors des derniers 500 ans. Néanmoins, la présence de quelques feux anciens montre qu'il y avait une histoire de feu avant cela. Ceci suggère que tous les types de forêts sont soumis à une dynamique causée par des perturbations qui est peut-être beaucoup plus important que l'on ne pensait jusqu'à ce jour.

### **Dynamics of the woody vegetation of the Yoko forest Reserve in the last two millennia**

The forest history of *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen stands originates from recent anthropogenic disturbances. The main objective of the present study is to put this conclusion into

---

Bogaert J. et al., 2020. *Les forêts de la Tshopo : écologie, histoire et composition*. Gembloux, Belgique : Presses Universitaires de Liège – Agronomie-Gembloux.

Chapitre tiré et adapté de la thèse de doctorat de J. Tshibamba Mukendi (2015).

a broader context, by confronting it to results from other forest types. In addition to 10 pits from *P. elata* stands, we analysed 6 pits from 3 other forest types (2 pits of each type). As such, we provide evidence for the origin of present-day forest mosaics in the forest Reserve of Yoko. Radiocarbon dating results show that fires were particularly abundant during the last two millennia. Fire events were grouped in three chronological phases: a first (“recent”) phase between 25 and 430 calyr BP, a second (“intermediate”) phase between 680 and 1,195 calyr BP and a third (“ancient”) phase between 1,235 and 2,300 calyr BP. These successive phases of fire presence confirm the idea that the forest Reserve of Yoko underwent perturbations during the last two millennia, and more intensely during the last 500 years. We showed that these perturbations were probably at the origin of the present-day forest composition. Pottery presence in some of the profiles suggests that at least some fire events had an anthropogenic origin. Charcoal identification from the 16 pits together yielded 70 types. Charcoal types belonged primarily to species typically occurring in old-growth forest. A remarkably large amount of charcoal fragments in each pit belonged to *Scorodophloeus zenkeri* Harms. Also, *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J.Léonard was well-represented. Furthermore, most of the charcoal types belonging to secondary forest taxa were found in pits excavated under *P. elata*. Finally, charcoal remains of *P. elata* itself were absent from the charcoal record, except in one single pit. In contrast with the *Pericopsis* stands, the vegetation history of the Maranthaceae and the old-growth forest stands (*G. dewevrei* and *S. zenkeri*) seems rather stable over the last 500 years. Nevertheless, the presence of some older fire events shows that these forests have a fire history predating the last 500 years. This suggests that all forest types have been subjected to disturbances and that they may have been more important than previously assumed.

## 1. Introduction

La végétation forestière présente dans un lieu donné était jusqu’il y a peu interprétée comme une étape permettant d’aller vers un état «mature» final (théorie du climax). Puis, peu à peu, les scientifiques se sont intéressés aux comportements des communautés végétales face aux perturbations forestières, et ont commencé à chercher dans le passé des explications sur le présent (Peterken, 2001 cité par Rovin et al., 2007). La compréhension de la dynamique de la végétation passe par la mise en évidence des perturbations passées auxquelles les groupements végétaux ont été soumis ainsi que de leurs réponses sur des périodes les plus longues possibles (Sheail, 1980). Cependant, la dynamique successorale végétale ne se met pas systématiquement en place et, sur certains sites, elle pourrait être bloquée voir même régressive, comme c’est le cas de la forêt à Marantaceae (Dhetchuvi, 1996).

Comme le font remarquer Bergaglio et al. (2004), la végétation est rapidement perturbée lorsqu’elle est soumise à des activités humaines. Les traces humaines en forêt sont attestées de longue date par de nombreux vestiges archéologiques, y compris dans les grands massifs forestiers comme l’Amazonie ou le bassin du Congo (Maley, 1990 ; Hébert, 2001 ; Puig, 2001). Les forêts tropicales humides, souvent considérées comme homogènes, stables et peu affectées contrairement aux forêts tempérées, ont bel et bien été soumises à des dynamiques spatio-temporelles importantes (Puig, 2001). Les paysages sont en pleine mutation, la composition et la structure des forêts changent continuellement, car les arbres recolonisent les espaces ouverts par des perturbations (Bergaglio et al., 2004).

La richesse et la composition spécifiques des écosystèmes forestiers résultent de la combinaison d'événements paléogéographiques, climatiques et écologiques, mais aussi d'une emprise humaine ancienne et omniprésente qui a façonné les paysages et contribué à leur grande diversité (Barbero et al., 1990). La mosaïque de peuplements hétérogènes présents actuellement dans la forêt tropicale humide africaine est le reflet de multiples perturbations qui ont affecté le domaine forestier au cours des trois derniers millénaires et qui ont culminé vers 2 500 calyr BP (Maley, 2003). On sait par exemple que les espèces végétales héliophiles actuellement dominantes dans la forêt tropicale humide africaine, comme *Petersianthus macrocarpus* (P.Beauv.) Liben, *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel, *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen, les Marantaceae, les rotins etc., sont des espèces pionnières cicatricielles dont l'installation serait favorisée par des perturbations (Oldeman, 1990).

L'incendie est une perturbation qui fait véritablement partie du fonctionnement des systèmes écologiques, notamment dans les zones forestières fortement anthropisées (Florence, 1981). Le feu joue un grand rôle dans l'utilisation des espaces forestiers, comme en témoignent les pratiques de l'écobuage, l'essartage, les feux pastoraux, les charbonnières, etc. (Scott, 2000). Le feu utilisé par l'homme pour gérer les espaces forestiers génère de grandes quantités de charbons de bois dans le sol des zones forestières exploitées par les populations humaines (Clark et al., 1989). Selon Carcaillet & Talon (1996), les charbons de bois laissés sur le sol forestier après un feu sont fragmentés et enfouis dans le sol sous l'effet de l'action conjuguée de la pédofaune, du colluvionnement et des racines. Quand ils sont extraits des sols forestiers, ils deviennent des marqueurs écologiques de la dynamique forestière (Touflan & Talon, 2008), des témoignages paléoécologiques (Norton, 1996), des indices de l'existence de perturbations forestières passées (Tshibamba et al., 2013), voire une véritable archive naturelle des paléo-feux et de l'histoire de la végétation (Hubau, 2013).

Les études paléoécologiques de la végétation ligneuse, les analyses polliniques, l'étude des macrorestes végétaux carbonisés ou non ou des troncs subfossiles sont autant de moyens qui permettent d'estimer la dynamique de la végétation et des paysages (Maley, 1981). Elles sont indispensables pour l'étude des perturbations forestières qui ont largement contribué à la mise en place de la végétation forestière actuelle (Carcaillet & Brun, 2000; Cordonnier, 2004). Pour contourner les défis liés à la recherche de sites humides favorables à la conservation des pollens et à l'échelle régionale de la réponse pollinique, Thinon (1978) et Talon et al. (1998) proposent le recours aux analyses des charbons de bois (pédoanthracologie) extraits des sols forestiers. L'étude des perturbations forestières par les analyses pédoanthracologiques est indispensable pour comprendre les processus écologiques qui ont contribué à façonner les paysages pendant les 10 000 dernières années (Holocène), et pour déterminer la composition des communautés végétales actuelles (Pons & Quézel, 1985; Touflan & Talon, 2008). Les analyses pédoanthracologiques permettent de reconstituer la dynamique successorale de la végétation et de retracer son histoire (Touflan & Talon, 2008). Elles apportent des informations sur les variations locales de la végétation au cours du temps (Carcaillet & Thinon, 1996). La dynamique des forêts tropicales humides reste peu documentée malgré les services écologiques

rendus par ces écosystèmes, très peu connus sur le plan fonctionnel (Hébert, 2001 ; Puig, 2001).

La réserve forestière de Yoko est caractérisée par une mosaïque de peuplements ou de types forestiers caractéristiques de différents stades de succession. Dans ce paysage hétérogène, coexistent ainsi des peuplements à *P. elata*, une espèce héliophile considérée comme indicatrice des zones forestières perturbées (Boyemba, 2011), des forêts à Marantaceae, une formation végétale de stade intermédiaire entre la forêt pionnière et la forêt mature (White, 1992), des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J.Léonard, des formations forestières considérées matures et relativement stables (Gérard, 1960), des forêts mixtes semi-décidues à *Scorodophloeus zenkeri* Harms qui sont des forêts âgées et matures avec une couverture dense et peu d'ouvertures dans la canopée, traditionnellement dominantes dans la forêt tropicale humide (Lebrun & Gilbert, 1954).

La présente étude cherche à attester si des analyses pédoanthracologiques pourraient révéler la dynamique de la végétation ligneuse de la réserve forestière de Yoko dont les perturbations forestières sont mises en cause et retraceraient son historique jusqu'à la composition floristique actuelle. L'objectif de la présente étude est donc de révéler la dynamique de la végétation ligneuse et retracer son historique jusqu'à la composition floristique actuelle, d'évaluer l'accumulation de charbons de bois dans les sols forestiers de ces peuplements forestiers, indices des perturbations forestières survenues dans la réserve forestière de Yoko, d'établir une chronologie de ces perturbations et d'identifier les taxons botaniques anciens qui occupaient les zones forestières colonisées actuellement par ces peuplements forestiers. Pour ce faire, nous voulons remonter le temps jusqu'aux deux derniers millénaires (Holocène), à la recherche des premières perturbations qui ont affecté cette forêt, et, tenter de reconstituer la composition de la végétation forestière d'origine.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Collecte des données

La collecte des données a été réalisée dans quatre types forestiers dominants de la réserve forestière de Yoko : le peuplement à *P. elata*, la forêt monodominante à *G. dewevrei*, la forêt à Marantaceae et la forêt mixte semi-décidue à *S. zenkeri* (Lebrun & Gilbert, 1954 ; Lomba & Ndjele Mianda-Bungi, 1998), dont les caractéristiques écologiques des sites d'étude sont décrites dans Tshibamba (2015). Au total, 40 fosses pédoanthracologiques ont été creusées et analysées, soit 10 fosses par type forestier. Tshibamba (2015) donne les détails sur les fosses creusées.

### 2.2. Analyses des données pédoanthracologiques

#### 2.2.1. Anthracomasse spécifique et collecte d'artefacts

L'anthracomasse spécifique (AS) représente la richesse des sols en charbons de bois (Carcaillet & Talon, 1996 ; Talon, 1997). Les détails sur l'anthracomasse spécifique sont donnés dans Tshibamba (2015). Les résultats de l'anthracomasse spécifique des



sols de quatre types forestiers sont présentés dans Tshibamba et al. (2020), *Perspectives de reconstitution historique de la flore de la réserve forestière de Yoko à travers l'analyse de l'anthracomasse de ses sols*. De même que pour les charbons de bois, tous les tessons de poterie et autres objets collectés dans une couche donnée de sol sont comptés et mesurés. Ils sont subdivisés en deux classes ( $\geq 2$  cm et  $< 2$  cm).

### 2.2.2. Identification botanique des charbons de bois

Après la préparation des coupes anatomiques dans les trois plans d'observation des charbons de bois (transversal, tangentiel et radial), la caractérisation anatomique est faite sur la base des critères IAWA (1989). Le regroupement en types anthracologiques est fait en fonction de leur ressemblance anatomique. L'identification botanique des taxons est réalisée à partir de données consignées dans la base des données «insidewood.lib.ncsu.edu» puis à l'aide du protocole d'identification de Hubau et al. (2012). La comparaison anatomique des taxons botaniques identifiés est réalisée au xylarium du M.R.A.C. (Belgique). L'appréciation écologique (forme, tempérament et type de forêt de préférence) des taxons présents dans la zone d'étude (réserve de Yoko, région de Kisangani et bassin du Congo) est faite grâce aux données de la littérature (Doucet, 2003 ; Nshimba, 2008 ; Lejoly et al., 2010 ; Meunier et al., 2015) et de la base de données des plantes d'Afrique «<http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php?langue=fr>».

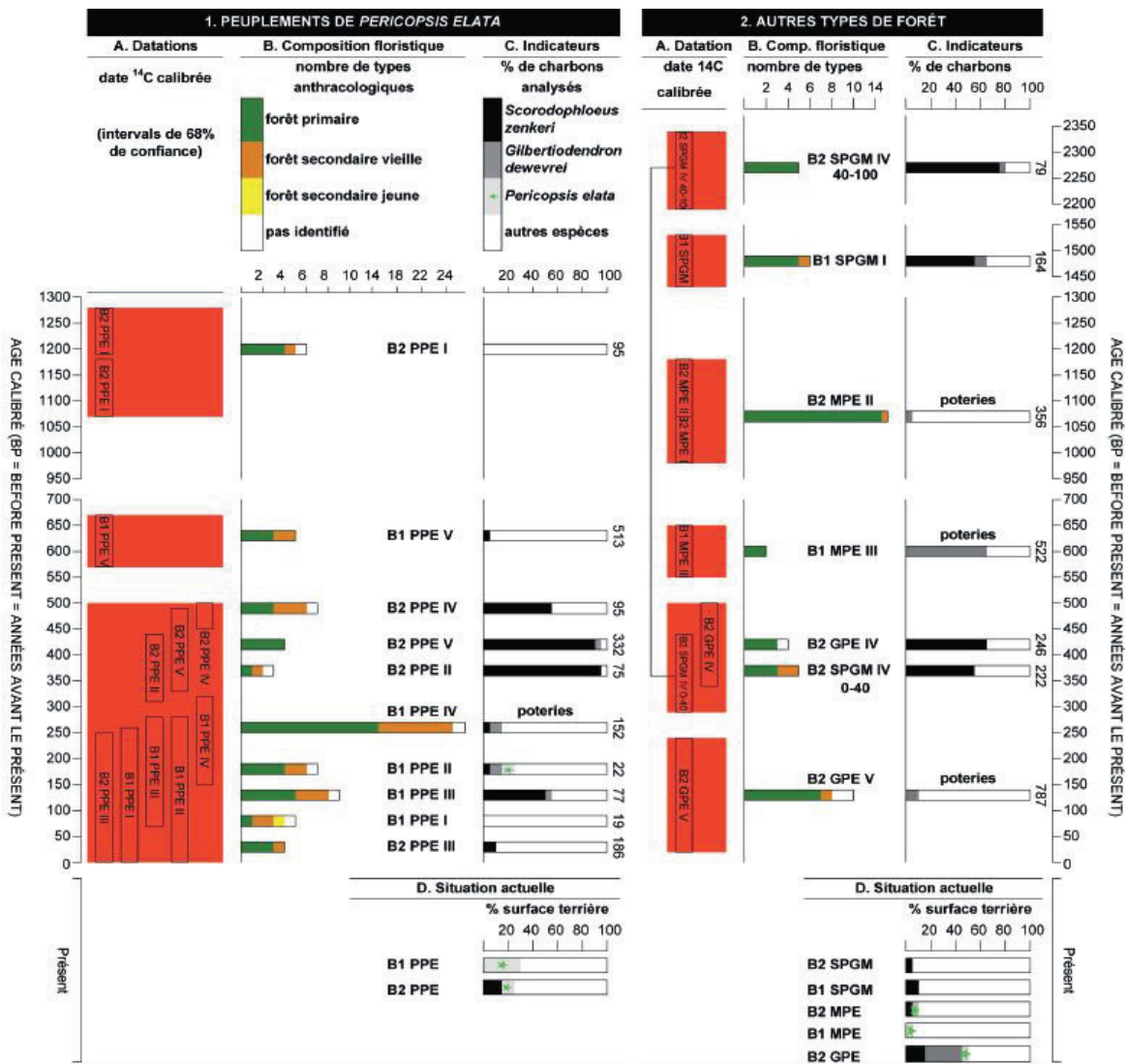
Les résultats d'identification botanique des charbons de bois présentés dans ce chapitre concernent 16 fosses anthracologiques, à raison de 10 fosses dans les peuplements à *P. elata* qui nous servent de référence, de 2 fosses dans la forêt à *G. dewevrei*, de 2 fosses dans la forêt à Marantaceae et de 2 autres fosses dans la forêt semi-décidue à *S. zenkeri*.

### 2.2.3. Analyse radiocarbone des charbons de bois (datation $^{14}\text{C}$ )

Les fragments de charbons de bois (au total 22) ont été sélectionnés selon leur groupement et leur profondeur d'enfouissement dans le sol. Ils sont analysés au radiocarbone selon la méthode *Accelerator Mass Spectrometry* (AMS) (Libby, 1955 ; Taylor, 1987) à *Poznan Radiocarbon Laboratory* (Poz) en Pologne. Le calibrage des dates  $^{14}\text{C}$  de l'année calyr BP (Before Present = année avant le présent) considérée moins précise que l'année calibrée calyr BP (68 % d'intervalle de confiance) qui offre la précision probable de l'année réelle, est réalisé à l'aide du programme OxCal v4.2.4 SH (Hogg et al., 2013).







**Figure 2.** Résultats des analyses anthracologiques des profils sous *P. elata* (volet 1 à gauche) et sous les trois autres types forestiers (volet 2 à droite) (réserve forestière de Yoko). **A.** Résultats de l'analyse radiocarbone. Plusieurs périodes des feux anciens sont mises en évidence (zones rouges) avec des périodes de pause entre les feux. **B.** Composition floristique dans le passé. Le nombre de types anthracologiques par assemblage de charbons est indiqué. L'appréciation écologique des types anthracologiques est représentée par les couleurs : le vert représente les types appartenant à la forêt primaire, le brun représente la forêt secondaire vieille, le jaune représente la forêt secondaire jeune, et le blanc représente les types non-identifiés. **C.** Prédominance des espèces indicatrices. Le pourcentage des fragments de charbons analysés par espèce indicatrice est présenté : en noir, les charbons appartenant à *S. zenkeri*; en gris-foncé, *G. dewevrei*, et en gris-clair avec une étoile, *P. elata*. Le chiffre à coté de chaque barre représente le nombre total de fragments de charbons analysés dans cet assemblage. La présence des poteries dans certains profils est également indiquée. **D.** Prédominance des espèces indicatrices dans la forêt actuelle. Elles sont présentées par leur pourcentage dans la surface terrière totale du peuplement, calculée sur la base des résultats des inventaires floristiques dans chaque bloc (2 ha) contenant un ou plusieurs profils anthracologiques analysés. Les trois nuances de gris représentent les trois indicateurs, comme ceux utilisés dans le volet C de cette figure.

**Tableau 1.** Identification botanique des types anthracologiques. Par type anthracologique, sont présentés les taxons dont l'anatomie ressemble fortement à celle du charbon de bois correspondant. Celui qui montre la plus grande ressemblance est indiqué en gras. Pour chaque taxon retenu, le tableau fournit sa présence dans la zone d'étude (BC=bassin du Congo; Kis =Kisangani; Yok =Yoko; p = présent; a = absent), son appréciation écologique relative à sa forme, son tempérament (sci = sciaphile; hé = héliophile; ? = indisponible) et son type de forêt de préférence (sec = secondaire; déc = décidu). La classification écologique du type de charbon de bois est basée sur les caractéristiques du taxon en gras.

| Type anthracologique | Taxons retenus après identification |                                  | Présence de l'espèce |     |     |         | Appréciation écologique |               |               |  |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-----|-----|---------|-------------------------|---------------|---------------|--|
|                      | Famille                             | Espèce                           | BC                   | Kis | Yok | Forme   | Tempérament             | Type de forêt |               |  |
| ANA PSE MIC          | Anacardiaceae                       | <i>Pseudospondias microcarpa</i> | p                    | p   | p   | arbre   | sci/hé                  | primaire      | semp/semi-déc |  |
| ANN ANO MAN          | Annonaceae                          | <i>Anonidium manni</i>           | p                    | p   | p   | arbre   | sciaphile               | primaire      | semp/semi-déc |  |
| APO ALS BOO          | Apocynaceae                         | <i>Alstonia boonei</i>           | p                    | p   | p   | arbre   | héliophile              | sec. vieille  | semp/semi-déc |  |
|                      | Apocynaceae                         | <i>Alstonia congensis</i>        | p                    | p   | a   | arbre   | héliophile              | sec. vieille  | semp/semi-déc |  |
| BUR DAC SPP          | Burseraceae                         | <i>Dacryodes osika</i>           | p                    | p   | a   | arbre   | sci/hé                  | primaire      | semp/semi-déc |  |
|                      | Burseraceae                         | <i>Dacryodes buethneri</i>       | ?                    | a   | a   | arbre   | sci/hé                  | primaire      | sempervirent  |  |
|                      | Burseraceae                         | <i>Dacryodes edulis</i>          | p                    | p   | a   | arbre   | sci/hé                  | sec. vieille  | semp/semi-déc |  |
|                      | Burseraceae                         | <i>Dacryodes heterotricha</i>    | ?                    | ?   | a   | arbre   | ?                       | primaire      | semp/semi-déc |  |
|                      | Burseraceae                         | <i>Dacryodes iganga</i>          | ?                    | a   | a   | arbre   | sciaphile               | primaire      | sempervirent  |  |
|                      | Burseraceae                         | <i>Dacryodes yangambiensis</i>   | p                    | p   | p   | arbre   | ?                       | primaire      | semp/semi-déc |  |
| CAE AFZ SPP          | Fabaceae                            | <i>Azelia bipindensis</i>        | p                    | p   | p   | arbre   | sci/hé                  | sec. vieille  | semp/semi-déc |  |
| CAE BER SPP          | Fabaceae                            | <i>Berlinia acuminata</i>        | p                    | p   | a   | arbre   | sciaphile               | sec. vieille  | semp/semi-déc |  |
|                      | Fabaceae                            | <i>Berlinia auriculata</i>       | p                    | a   | a   | arbuste | sciaphile               | sec. vieille  | semp/semi-déc |  |
|                      | Fabaceae                            | <i>Berlinia bracteosa</i>        | p                    | p   | a   | arbre   | sciaphile               | sec. vieille  | semp/semi-déc |  |
|                      | Fabaceae                            | <i>Berlinia confusa</i>          | a                    | a   | a   | arbre   | sciaphile               | primaire      | semp/semi-déc |  |
|                      | Fabaceae                            | <i>Berlinia grandiflora</i>      | p                    | p   | a   | arbre   | sciaphile               | sec. vieille  | semp/semi-déc |  |
|                      | Fabaceae                            | <i>Berlinia viridicans</i>       | a                    | a   | a   | arbre   | sciaphile               | primaire      | semp/semi-déc |  |
| CAE BOB FIS          | Fabaceae                            | <i>Bobgunnia fistuloides</i>     | p                    | p   | a   | arbre   | sciaphile               | primaire      | semp/semi-déc |  |
| CAE CYN SPPI         | Fabaceae                            | <i>Cynometra hankai</i>          | p                    | p   | p   | arbre   | sciaphile               | primaire      | sempervirent  |  |



.../.. Tableau 1. Suite.

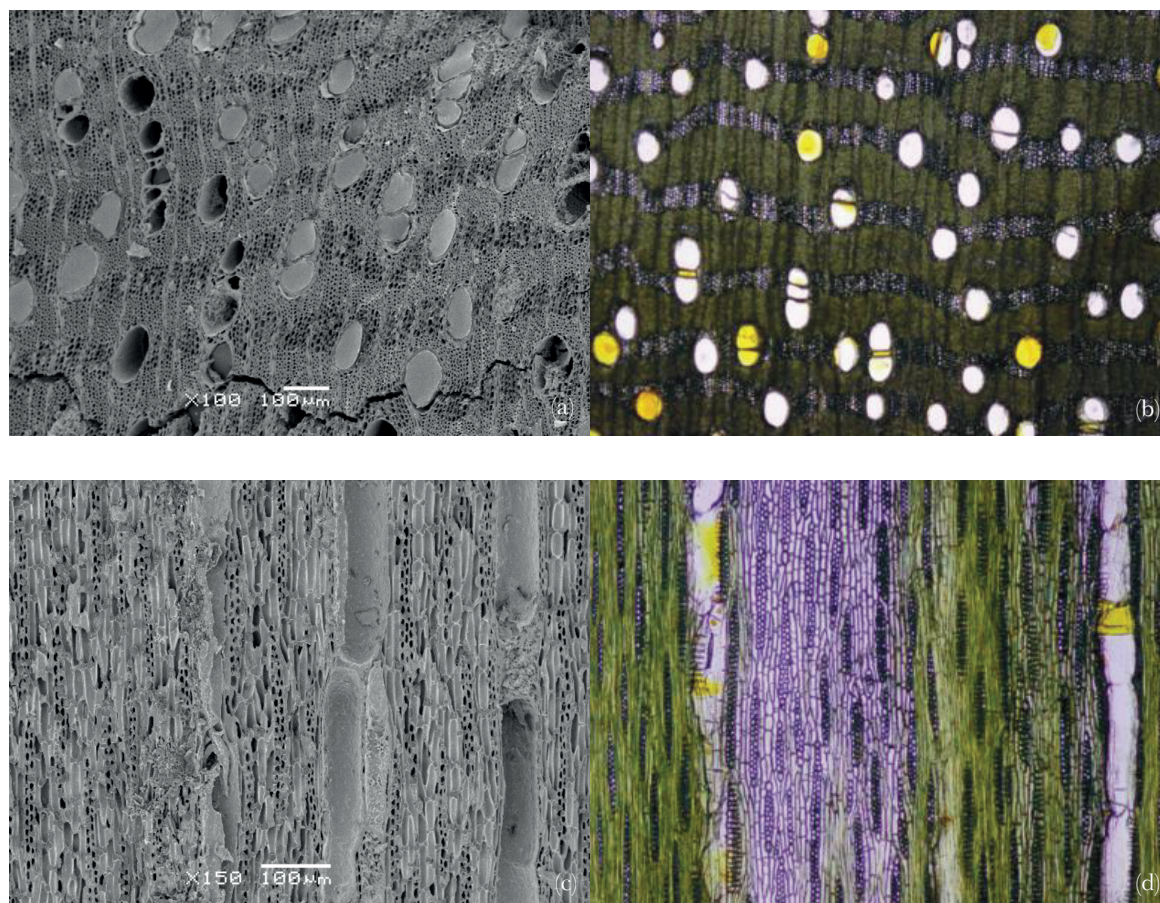
| Type anthracologique | Taxons retenus après identification |                                     | Présence |     |     | Appréciation écologique |             |                            |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|-----|-----|-------------------------|-------------|----------------------------|
|                      | Famille                             | Espèce                              | BC       | Kis | Yok | Forme                   | Tempérament | Type de forêt              |
| CAE CYN SPP2         | Fabaceae                            | <i>Cynometra sessiliflora</i>       | p        | p   | p   | arbre                   | héliophile  | primaire semp/semi-déc     |
|                      | Fabaceae                            | <i>Cynometra mannii</i>             | a        | a   | a   | arbre                   | héliophile  | primaire semp/semi-déc     |
| CAE GIL DEW          | Fabaceae                            | <i>Gilbertiodendron dezevevri</i>   | p        | p   | a   | arbre                   | sciaphile   | primaire semp/semi-déc     |
| CAE JUL SPP          | Fabaceae                            | <i>Julbernardia seretii</i>         | p        | p   | p   | arbre                   | sciaphile   | primaire sempervirent      |
|                      | Fabaceae                            | <i>Julbernardia pellegriana</i>     | p        | a   | a   | arbre                   | sciaphile   | primaire sempervirent      |
| CAE OXY OXY          | Fabaceae                            | <i>Oxystigma oxyphyllum</i>         | p        | p   | a   | arbre                   | sciaphile   | primaire semp/semi-déc     |
| CAE PRI OXY          | Fabaceae                            | <i>Prioria oxyphylla</i>            | p        | p   | p   | arbre                   | sciaphile   | primaire semp/semi-déc     |
|                      | Fabaceae                            | <i>Prioria buchholzi</i>            | p        | p   | a   | arbre                   | ?           | primaire semp/semi-déc     |
| CAE SCO ZEN          | Fabaceae                            | <i>Scorodophloeus zenkeri</i>       | p        | p   | p   | arbre                   | sciaphile   | primaire semp/semi-déc     |
| CAN TRE ORI          | Celtidaceae                         | <i>Trema orientalis</i>             | p        | p   | a   | arbre                   | héliophile  | sec. vicille semi-décidue  |
| CHR PAR SPP          | Chrysobalanaceae                    | <i>Parinari congensis</i>           | p        | p   | a   | arbre                   | héliophile  | primaire semp/semi-déc     |
|                      | Chrysobalanaceae                    | <i>Parinari excelsa</i>             | p        | p   | p   | arbre                   | sci/hé      | primaire sempervirent      |
| CLU GAR PUN          | Clusiaceae                          | <i>Garcinia punctata</i>            | p        | p   | p   | arbre                   | héliophile  | primaire semp/semi-déc     |
|                      | Clusiaceae                          | <i>Garcinia smeathmannii</i>        | p        | p   | a   | arbuste                 | héliophile  | primaire sempervirent      |
| COM COM SPP          | Combretaceae                        | <i>Combretum lokele</i>             | p        | p   | p   | arbre                   | sciaphile   | primaire semp/semi-déc     |
|                      | Combretaceae                        | <i>Combretum congolanum</i>         | p        | p   | a   | liane                   | sciaphile   | primaire semp/semi-déc     |
|                      | Combretaceae                        | <i>Combretum cuspidatum</i>         | p        | p   | a   | liane                   | sciaphile   | primaire semp/semi-déc     |
|                      | Combretaceae                        | <i>Combretum mortehanii</i>         | p        | p   | a   | liane                   | ?           | sec. vieille semp/semi-déc |
|                      | Combretaceae                        | <i>Combretum robynsonii</i>         | p        | p   | a   | liane                   | sciaphile   | primaire semp/semi-déc     |
| DIC DIC SPP          | Dichapetalaceae                     | <i>Dichapetalum heudelotii</i>      | p        | p   | a   | arbre                   | ?           | primaire semp/semi-déc     |
|                      | Dichapetalaceae                     | <i>Dichapetalum madagascariense</i> | p        | p   | a   | arbre                   | ?           | primaire semp/semi-déc     |
| EBE DIO SPP1         | Ebenaceae                           | <i>Diospyros bipindensis</i>        | p        | p   | p   | arbre                   | sciaphile   | primaire semp/semi-déc     |
|                      | Ebenaceae                           | <i>Diospyros canaliculata</i>       | p        | p   | a   | arbre                   | sciaphile   | primaire semp/semi-déc     |

... Tableau 1. Suite.

| Type anthracologique | Taxons retenus après identification |                                |    |     | Présence |         |             |              | Appréciation écologique |  |  |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----|-----|----------|---------|-------------|--------------|-------------------------|--|--|
|                      | Famille                             | Espèce                         | BC | Kis | Yok      | Forme   | Tempérament | Appréciation | Type de forêt           |  |  |
| EBE DIO SPP2         | Ebenaceae                           | <i>Diospyros hoyleana</i>      | p  | p   | p        | arbre   | sciaphile   | primaire     | sempervirent            |  |  |
|                      | Ebenaceae                           | <i>Diospyros conocarpa</i>     | a  | a   | a        | arbre   | sciaphile   | primaire     | semp/semi-déc           |  |  |
|                      | Ebenaceae                           | <i>Diospyros crassiflora</i>   | p  | p   | p        | arbre   | sciaphile   | primaire     | semp/semi-déc           |  |  |
|                      | Ebenaceae                           | <i>Diospyros piscatoria</i>    | ?  | ?   | a        | arbre   | sciaphile   | primaire     | semp/semi-déc           |  |  |
| IRV IRV GAB          | Irvingiaceae                        | <i>Irvingia gabonensis</i>     | p  | p   | p        | arbre   | sciaphile   | primaire     | semp/semi-déc           |  |  |
| IRV IRV GRA          | Irvingiaceae                        | <i>Irvingia grandifolia</i>    | p  | p   | p        | arbre   | sciaphile   | primaire     | semp/semi-déc           |  |  |
| MAL GRE PIN          | Malvaceae                           | <i>Grewia pinnatifida</i>      | p  | p   | p        | arbuste | ?           | primaire     | semp/semi-déc           |  |  |
|                      | Malvaceae                           | <i>Grewia oligoneura</i>       | p  | p   | a        | arbre   | ?           | primaire     | semp/semi-déc           |  |  |
| PAP AMP SPP          | Fabaceae                            | <i>Amphimas pterocarpoïdes</i> | p  | p   | p        | arbre   | sci/hé      | primaire     | semi-décidue            |  |  |
|                      | Fabaceae                            | <i>Amphimas ferrugineus</i>    | p  | p   | a        | arbre   | sci/hé      | primaire     | sempervirent            |  |  |
| PAP PTE SOY          | Fabaceae                            | <i>Pterocarpus soyauxii</i>    | p  | p   | p        | arbre   | sciaphile   | primaire     | semp/semi-déc           |  |  |
| PHY UAP SPP2         | Euphorbiaceae                       | <i>Uapaca corbisteri</i>       | p  | p   | a        | arbre   | ?           | sec. vieille | semp/semi-déc           |  |  |
|                      | Euphorbiaceae                       | <i>Uapaca guineensis</i>       | p  | p   | a        | arbre   | ?           | sec. vieille | semp/semi-déc           |  |  |
| PUT DRY SPP          | Euphorbiaceae                       | <i>Drypetes gossweileri</i>    | p  | p   | p        | arbre   | ?           | primaire     | semp/semi-déc           |  |  |
|                      | Euphorbiaceae                       | <i>Drypetes likava</i>         | p  | p   | p        | arbre   | ?           | primaire     | semp/semi-déc           |  |  |
|                      | Euphorbiaceae                       | <i>Drypetes paxii</i>          | a  | a   | a        | arbre   | ?           | primaire     | semp/semi-déc           |  |  |
| RHI CAS SPP          | Rhizophoraceae                      | <i>Cassipourea barteri</i>     | p  | a   | a        | arbuste | ?           | primaire     | sempervirent            |  |  |
|                      | Rhizophoraceae                      | <i>Cassipourea gummiiflua</i>  | p  | ?   | a        | arbre   | ?           | primaire     | semp/semi-déc           |  |  |
| VOC ERI EXS          | Vochysiaceae                        | <i>Eriomadelpheus exsul</i>    | p  | p   | a        | arbre   | héliophile  | primaire     | semp/semi-déc           |  |  |

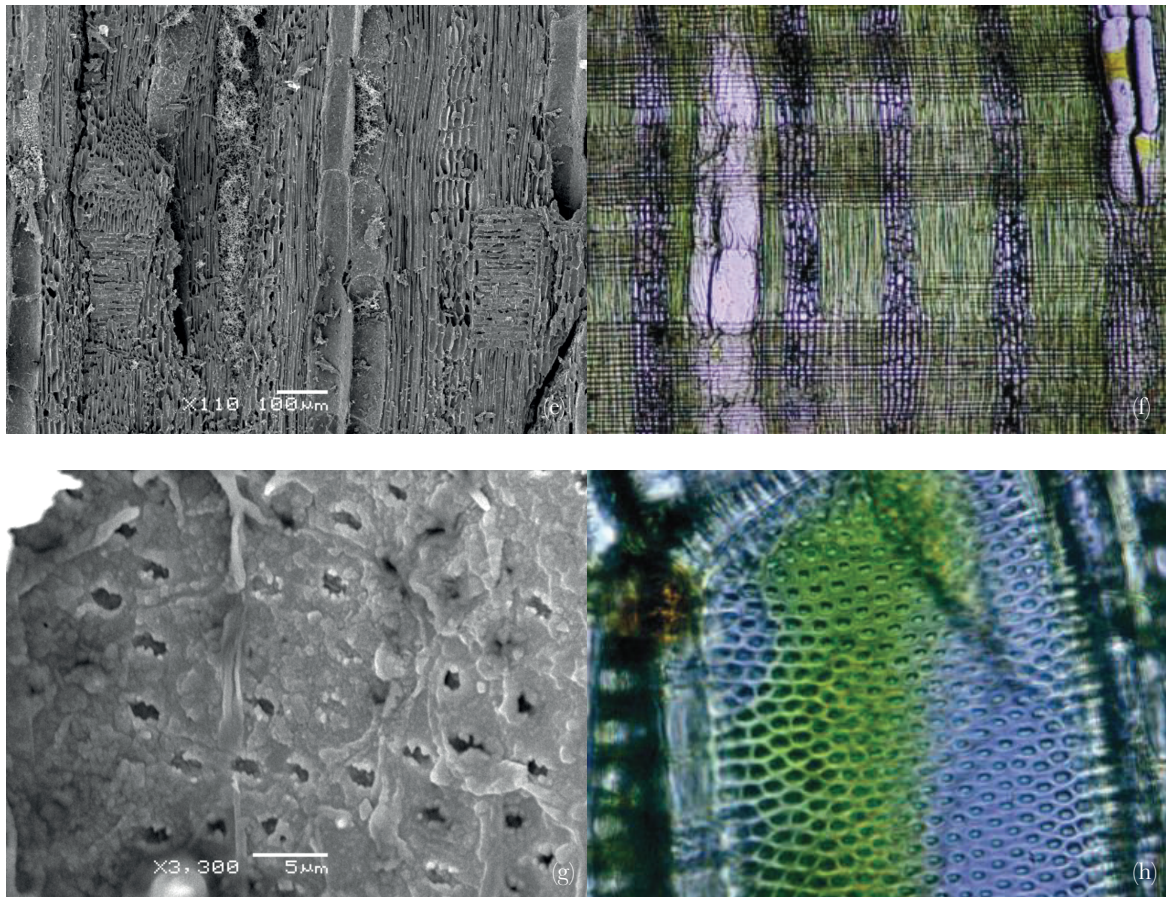
Sur les 4 000 fragments de charbons de bois analysés, 70 taxons botaniques ont été identifiés. Parmi ceux-ci, 40 taxons proviennent des assemblages de charbons de bois extraits des sols des peuplements à *P. elata*. Le tableau 1 présente les 30 autres taxons botaniques qui ont été identifiés dans les assemblages de charbons de bois extraits des sols de la forêt à *G. dewevrei*, de la forêt à Marantaceae et de la forêt semi-décidue à *S. zenkeri*.

Les images illustrent les trois plans d'observation anatomique (transversal, tangentiel, radial) de *S. zenkeri* (Figure 3) et de *G. dewevrei* (Figure 4) identifiés dans les assemblages de charbons de bois collectés dans les sols des peuplements forestiers correspondants. Des images de *Garcinia punctata* Oliv. (Figure 5) et de *Pterocarpus soyauxii* Taub. (Figure 6), espèces identifiées dans la forêt à Marantaceae, sont également montrées.

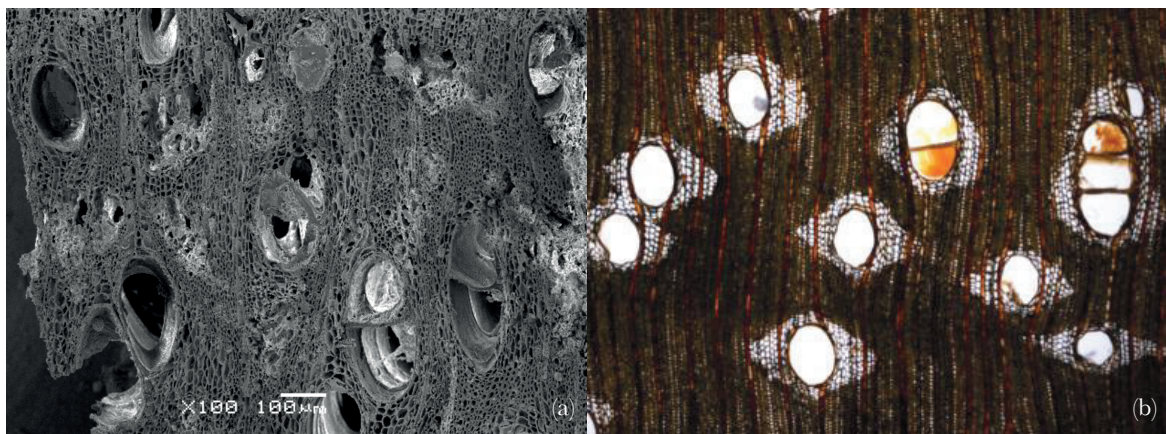


**Figure 3.** Images de *Scorodoploeus zenkeri* (Fabaceae). **À gauche** du haut vers le bas, les images des plans transversal, tangentiel et radial (Figures a-c-e-g) obtenues par Scanning Electron Microscope (SEM) (Hubau, 2013) du fragment de charbon de bois B1PPEIII 0-10-1. **À droite** du haut vers le bas, les plans transversal, tangentiel et radial (Figures b-d-f-h) des images prises au microscope à lumière transmise de l'échantillon du bois de référence Tw935. Réserve forestière de Yoko.



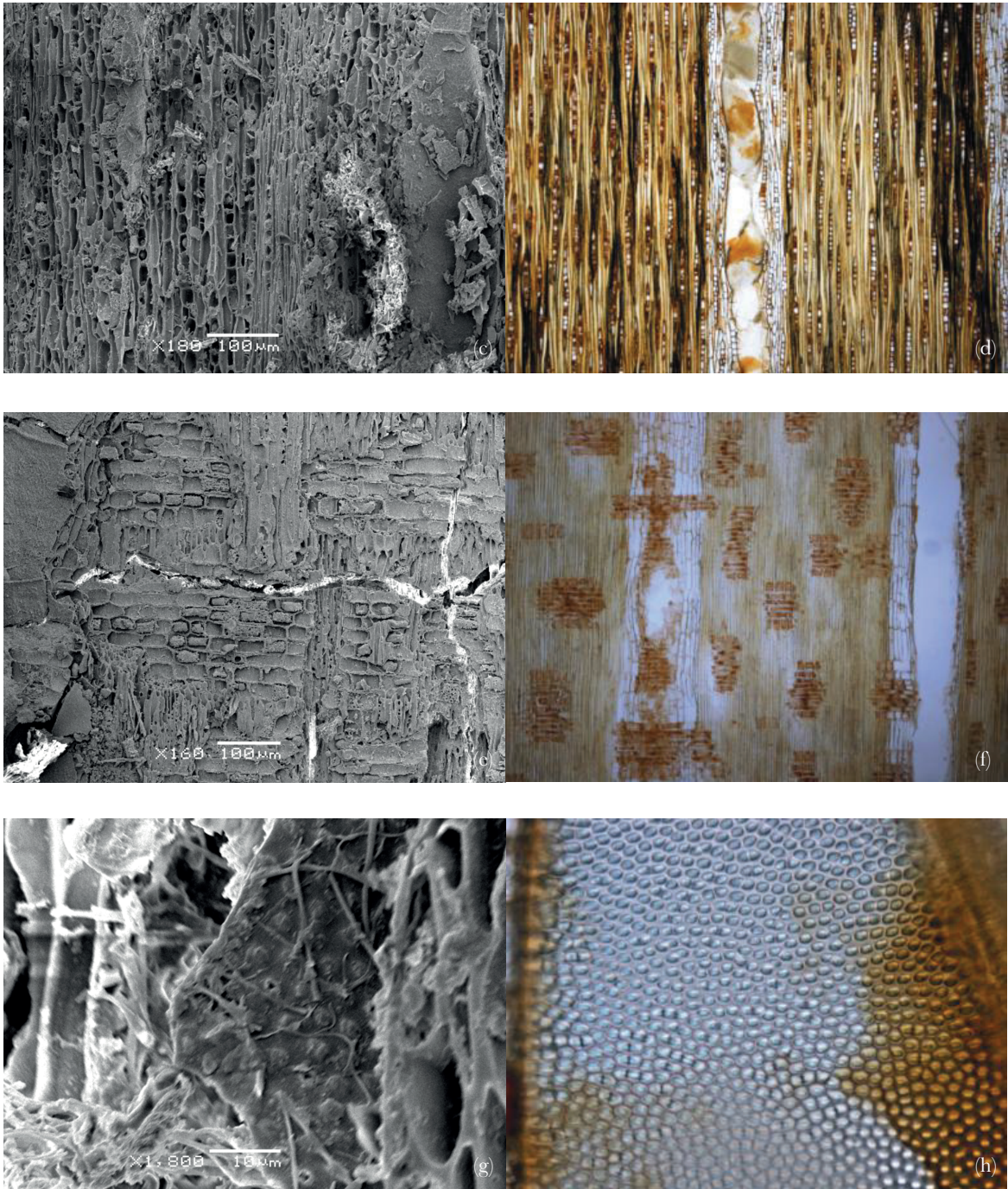


../. **Figure 3. Suite.**



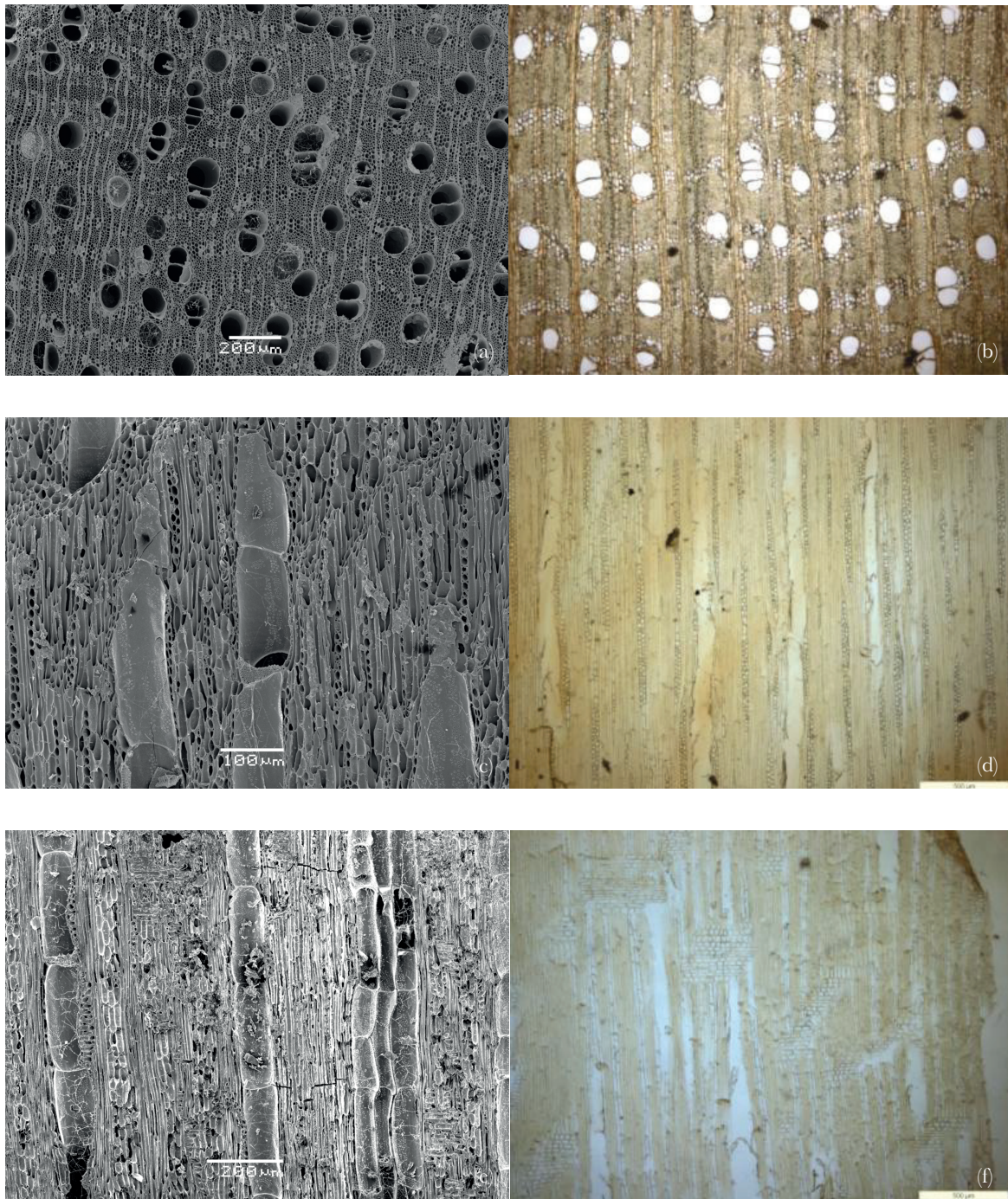
**Figure 4.** Images de *Gilbertiodendron dewevrei* (Fabaceae). **À gauche** du haut vers le bas, les images des plans transversal, tangentiel et radial (Figures a-c-e-g) obtenues par Scanning Electron Microscope (SEM) (Hubau, 2013) du fragment de charbon de bois B1 PPE IV 0-10-6. **À droite** du haut vers le bas, les plans transversal, tangentiel et radial (Figures b-d-f-h) des images prises au microscope à lumière transmise du bois de l'échantillon de référence Tw53022. Réserve forestière de Yoko.





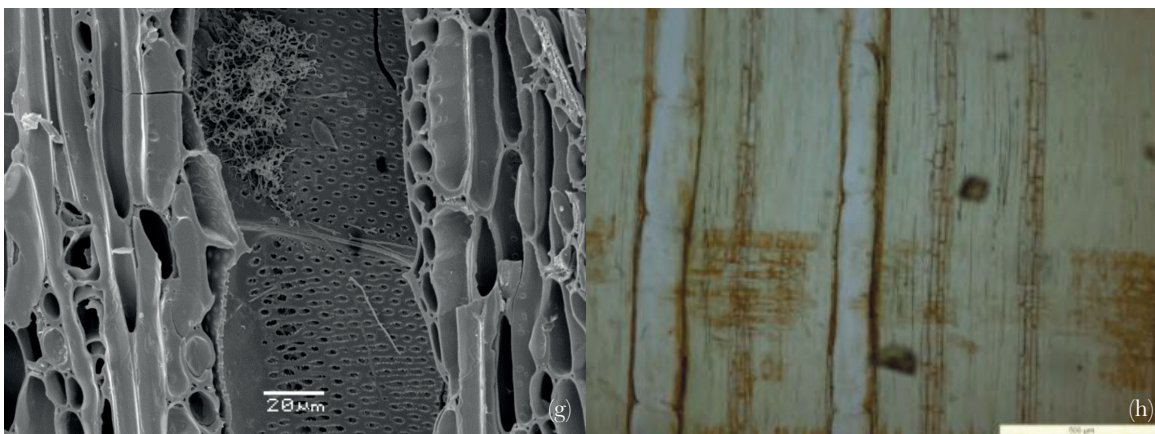
../.. **Figure 4.** Suite.



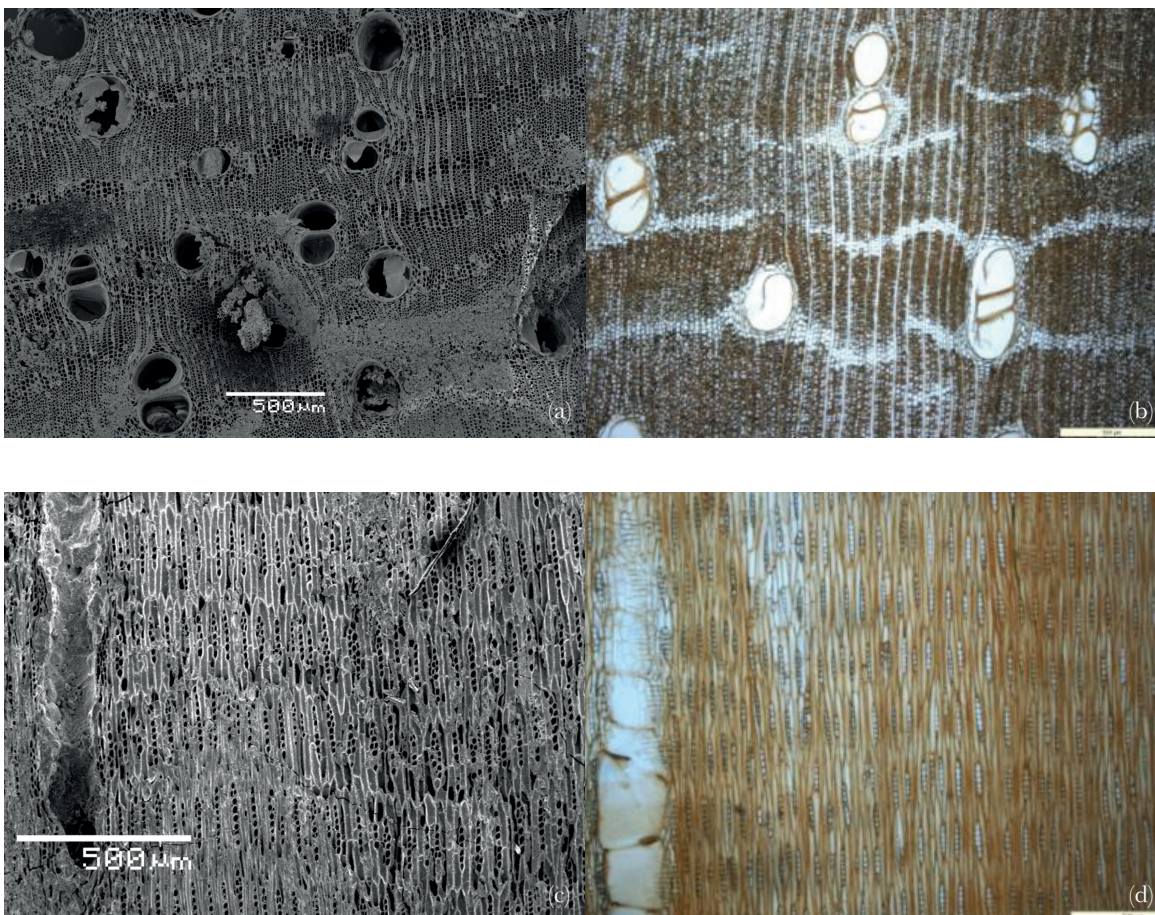


**Figure 5.** Images de *Garcinia punctata* (Clusiaceae). **À gauche** du haut vers le bas, les images des plans transversal, tangential et radial (Figures a-c-e-g) obtenues au Scanning Electron Microscope (SEM) du fragment de charbon de bois B2 PPE II 30-40-3. **À droite** du haut vers le bas, les plans transversal, tangential et radial (Figures b-d-f-h) des images prises au microscope à lumière transmise de l'échantillon du bois de référence Tw26677. Réserve forestière de Yoko.

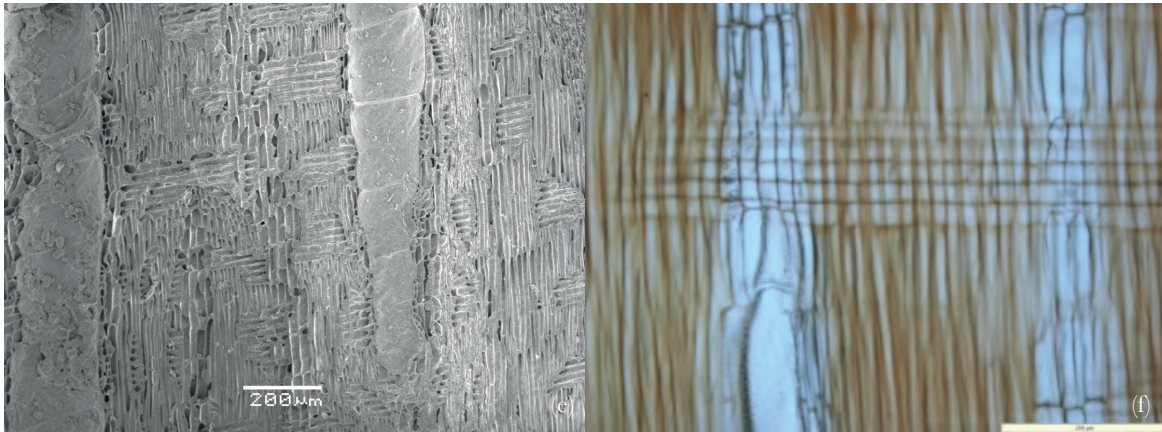




../.. **Figure 5.** Suite.



**Figure 6.** Images de *Pterocarpus soyauxii* (Fabaceae). **À gauche** du haut vers le bas, les images des plans transversal, tangentiel et radial (Figures a-c-e) obtenues au Scanning Electron Microscope (SEM) du fragment de charbon de bois B2 PPE I 20-30-1. **À droite** du haut vers le bas, les plans transversal, tangentiel et radial (Figures b-d-f) des images prises au microscope à lumière transmise de l'échantillon du bois de référence Tw369. Réserve forestière de Yoko.



../.. **Figure 6.** Suite.

## 4. Discussion

Il est intéressant de noter que les profils qui contiennent des tessons de poteries (détails dans Tshibamba et al. [2020], *Perspectives de reconstitution historique de la flore de la réserve forestière de Yoko à travers l'analyse de l'anthracomasse de ses sols*) sont ceux qui présentent beaucoup de types anthracologiques (29 types anthracologiques aux côtés des tessons de poterie dans le profil B1 PPE IV, de même pour les profils B2 MPE II avec 15 types anthracologiques, B2 GPE V avec 11 types anthracologiques). La présence de ces tessons (10 au total) constitue une preuve de l'occupation humaine dans la réserve forestière de Yoko et renforce l'hypothèse de l'occurrence de perturbations passées d'origine anthropique. Des études récentes attestent également de la présence de tessons de poteries dans les sols forestiers de la région de Kisangani (Tshibamba et al., 2013), de la forêt de Mayumbe (Hubau, 2013) et de la forêt du nord du Cameroun (Morin-Rivat et al., 2014).

L'existence de la forêt primaire, avec prédominance de *S. zenkeri*, remonte aux derniers millénaires (2 300 cal yr BP) avant l'installation de la végétation ligneuse actuelle dans la réserve forestière de Yoko. Elle est mise en évidence par 70 taxons botaniques majoritairement caractéristiques de la forêt primaire qui ont été identifiés dans les assemblages des charbons de bois extraits des sols des peuplements forestiers présents actuellement dans la réserve : les peuplements à *P. elata*, la forêt à *G. dewevrei*, la forêt à Marantaceae et la forêt semi-décidue à *S. zenkeri*. L'identification des anciens taxons botaniques qui occupaient les zones forestières de la réserve forestière de Yoko peut être interprétée comme un indicateur de la dynamique de la succession de la végétation ligneuse de cette réserve, dont les perturbations forestières sont mises en cause.

Les charbons de bois sont des vestiges des feux anciens dont la chronologie a pu être établie en cinq phases grâce à l'analyse radiocarbone. Ces vestiges et les tessons de poteries retrouvés attestent indubitablement de l'occurrence de perturbations forestières anthropiques passées qui sont, en grande partie, à l'origine de la flore actuelle. À la différence des profils qui contiennent peu de types anthracologiques, il convient de noter que



les profils qui en contiennent beaucoup, enregistrent également la présence de taxons caractéristiques de la forêt secondaire, et que ce sont eux aussi qui contenaient les tessons de poteries. Une telle accumulation des types anthracologiques peut être interprétée comme l'existence d'un foyer de charbons de bois aux endroits d'installation des fosses. La coexistence de types anthracologiques aux côtés de tessons de poterie a été mise en évidence dans les profils B1 PPE IV et B2 GPE V avec 8 types anthracologiques et dans le profil B2 MPE II avec 15 types anthracologiques. Une accumulation similaire de 32 types anthracologiques dans le même profil avec des tessons de poterie a été trouvée par Hubau et al. (2014; 2015) dans les sols de Lukula de la forêt de Mayombe. Ceci renforce encore l'idée que l'occupation humaine passée peut être à l'origine de perturbations forestières.

Parmi les taxons botaniques identifiés dans les charbons de bois extraits sous la forêt à *G. dewevrei*, la forêt à Marantaceae et la forêt à *S. zenkeri*, notons l'absence presque totale des taxons des forêts secondaires (vieille et jeune). Par ailleurs, les taxons des forêts secondaires sont dominants et abondants dans la composition floristique actuelle de ces peuplements forestiers. Ceci peut être interprété comme la succession végétale dans cette réserve. Contrairement aux profils pédoanthracologiques présents sous les peuplements actuels de *P. elata*, la présence des taxons caractéristiques de la forêt secondaire dans les assemblages de charbons de bois constitue un indicateur important de changement dans la composition floristique. Ce changement peut avoir pour cause les perturbations forestières occasionnées par les incendies, qui ont ouvert une partie importante de la canopée en favorisant ainsi l'installation des taxons de la forêt secondaire, tel que *P. elata*, plusieurs fois retrouvé.

Ces résultats confirment les observations d'autres chercheurs. À titre indicatif, Gillet (2013) souligne que les formations végétales des forêts tropicales humides ont fortement changé en réponse à des perturbations naturelles et anthropiques. Pour Lubini (1982), les espèces qui recolonisent les trouées créées par les perturbations forestières forment un noyau d'espèces nettement différentes de celles antérieurement présentes. Ce qui peut donc être le cas pour les zones forestières colonisées actuellement par ces peuplements forestiers dans la réserve forestière de Yoko. L'évolution de la végétation ligneuse de ces types forestiers a vraisemblablement pour cause une destruction par le feu, suivie de l'ouverture de la canopée qui a permis un éclaircissement plus important des zones concernées et donc l'installation des espèces héliophiles. Au fur et à mesure de leur cohabitation, ces espèces ont entièrement refermé la canopée des zones perturbées. Ce genre de processus est responsable de la mise en place d'une mosaïque de peuplements hétérogènes et de la prédominance actuelle des espèces héliophiles dans la réserve forestière de Yoko. Il est même permis de penser que ces mêmes processus de perturbation ont affecté la stabilité du domaine forestier tropical africain au cours des trois derniers millénaires (Oldeman, 1990).

Contrairement à la stabilité généralement admise de la forêt à *G. dewevrei* (Gérard, 1960), des fragments de charbons de bois appartenant à *G. dewevrei* ont été identifiés et paraissent même prédominer dans les assemblages de charbons de bois extraits des sols des peuplements actuels de *P. elata*, de Marantaceae et de la forêt semi-décidue à *S. zenkeri*. Par contre, il apparaît que la végétation ligneuse de la forêt semi-décidue à *S. zenkeri* est restée stable. Cette stabilité peut être traduite par l'absence de *P. elata* dans

les assemblages de charbons de bois collectés dans le sol de ce type peuplement, mais aussi par l'abondance de *S. zenkeri* dans la composition floristique actuelle.

## 5. Conclusions

La réserve forestière de Yoko renferme, sous forme de charbons de bois, des taxons botaniques anciens, enfouis à différents niveaux de profondeur dans les sols des peuplements forestiers actuels. Ces taxons sont majoritairement caractéristiques de la forêt primaire avec prédominance de *S. zenkeri* et de *G. dewevrei*. La présence de *P. elata* dans les assemblages de charbons de bois des sols forestiers et dans la composition floristique actuelle peut être considérée comme un indicateur de l'évolution de la végétation dans la dynamique de succession forestière.

La végétation des forêts semi-décidue à *S. zenkeri*, à Marantaceae et à *P. elata* a subi une importante évolution de sa composition floristique après les perturbations. Cette évolution est illustrée par la présence de taxons caractéristiques de la forêt secondaire, comme en témoigne la présence de *P. elata* dans les assemblages de charbons de bois, mais aussi la cohabitation de l'espèce dans la flore actuelle. Par contre, la végétation de la forêt à *G. dewevrei* est conservée même après les perturbations. Cette stabilité est illustrée par l'absence des taxons de la forêt secondaire, par la prédominance de *S. zenkeri*, par l'absence de *P. elata* dans les charbons de bois ainsi que par la composition floristique actuelle.

Une chronologie des feux anciens en cinq phases remonte jusqu'à  $2\,300 \pm 30$  cal yr BP. Ces phases sont regroupées en trois âges : un âge récent situé entre 0 et 498 cal yr BP, un âge intermédiaire situé entre 562 et 1 064 cal yr BP et un âge ancien situé entre 1 071 et 2 341 cal yr BP. Cette chronologie des feux, couplée aux taxons botaniques identifiés dans les assemblages de charbons de bois, renforce l'hypothèse de l'origine anthropique de perturbations dans la réserve forestière de Yoko, souvent considérée comme exempte de traces de perturbations. La découverte de tessons de poterie parmi les fragments de charbons de bois renforce encore plus cette hypothèse et constitue même un indice indiscutable de l'occupation de l'espace forestier par des populations humaines.

## Bibliographie

- Barbero M., Bonin G., Loisel R. & Quézel P., 1990. Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the mediterranean basin. *Vegetatio*, **87**, 151-173.
- Bergaglio M., Talon B. & Médail F., 2004. *Histoire et dynamique des forêts de l'ubac du massif des Maures (Var) au cours des derniers 7000 ans*. Marseille, France : Institut méditerranéen d'Écologie et de Paléoécologie.
- Boyemba F.B., 2011. *Écologie de Pericopsis elata (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée*. Thèse de doctorat : Université libre de Bruxelles, Belgique.
- Carcaillet C. & Talon B., 1996. Aspects taphonomiques de la stratigraphie et de la datation de charbons de bois dans les sols : exemple de quelques sols des Alpes. *Géogr. Phys. Quat.*, **50**(2), 233-244.



- Carcaillet C. & Thion M., 1996. Pedoanthracological contribution to the study of the evolution of the upper treeline in the Maurienne valley (North French Alps): methodology and preliminary data. *Rev. Palaeobot. Palyno.*, **91**, 399-416.
- Carcaillet C. & Brun J.J., 2000. Changes in landscape structure in the north western Alps over the last 7000 years: lessons from soil charcoal. *J. Veg. Sci.*, **11**, 705-714.
- Clark J.S., Merkt J. & Muller H., 1989. Post-glacial fire, vegetation, and human history on the northern alpine forelands, south-western Germany. *J. Ecol.*, **77**, 897-925.
- Cordonnier T., 2004. *Perturbations, diversité et permanence des structures dans les écosystèmes forestiers*. Thèse de doctorat : Université Paris XI, France.
- Dhetchuvi M.M., 1996. Aperçu sur les groupements secondaires à Marantaceae, Zingiberaceae et Costaceae de la Forêt des abeilles (Gabon). In: van der Maesen L.J.G., vander Burgt X.M. & van Medenbach de Rooy J.M. (eds). *The biodiversity of African plants*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Doucet J.L., 2003. *L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon*. Thèse de doctorat : Faculté universitaire des Sciences agronomiques, Gembloux, Belgique.
- Florence J., 1981. *Chablis et sylvoigénèse dans une forêt dense humide sempervirente du Gabon*. Thèse de doctorat : Université Louis Pasteur, Strasbourg, France.
- Gillet J.-F., 2013. *Les forêts à Marantaceae au sein de la mosaïque forestière du Nord de la République du Congo : origines et modalités de gestion*. Thèse de doctorat : Université de Liège – Gembloux Agro-Bio tech, Gembloux, Belgique.
- Gérard Ph., 1960. Étude écologique de la forêt dense à *Gilbertiodendron dewevrei* dans la région de l'Uele. *Publ. INEAC, Série Scient.*, **87**, 159 p.
- Hébert A., 2001. *Les forêts tropicales dans la vie des hommes*. Montpellier : CIRAD, 15 p. Salon international de l'agriculture. 38, Paris, France, 18 Février 2001/25 Février 2001.
- Hogg A.-G. et al., 2013. Shcal13 Southern hemisphere calibration, 0–50,000 years cal BP. By the Arizona Board of Regents on behalf of the University of Arizona. *Radiocarbon*, **55**(4), 1889-1903.
- Hubau W., 2013. *Exploring charcoal as a natural archive for palaeofire and vegetation history of the Mayumbe, Democratic Republic of the Congo*. Ph.D. thesis: Ghent University, Belgium.
- Hubau W. et al., 2012. Charcoal identification in species-rich biomes: A protocol for Central Africa optimised for the Mayumbe forest. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **171**, 164-178.
- Hubau W. et al., 2014. Archaeological charcoals as archives for firewood preferences and vegetation composition during the late Holocene in the southern Mayumbe, Democratic Republic of the Congo (DRC). *Veget. Hist. Archaeobot.*, **25**, 591-606.
- Hubau W., Van den Bulcke J., Vanacker J. & Beeckman H., 2015. Charcoal-inferred Holocene fire and vegetation history linked to drought periods in the Democratic Republic of Congo. *Glob. Change Biol.*, **21**, 2296-2308.
- IAWA, 1989. List of microscopic features for hardwood identification: with an appendix on non anatomical information. *IAWA Bull.*, **10**(3), 221-332.
- Lebrun J. & Gilbert G., 1954. Une classification écologique des forêts du Congo. *Publ. INEAC, Série Sc.*, **63**, 89 p.
- Lejoly J., Ndjele Mianda-Bungi L. & Geerinck D., 2010. Catalogue-Flore des plantes vasculaires des districts de Kisangani et de la Tshopo (R.D. Congo), 4<sup>e</sup> édition. *Taxonomania*, **30**.
- Libby W.F., 1955. *Radiocarbon dating*. 2<sup>nd</sup> Ed. Chicago, IL, USA: University of Chicago Press.
- Lomba B.L. & Ndjele Mianda-Bungi L., 1998. Utilisation de la méthode de transect en vue de l'étude de la phytodiversité dans la Réserve de Yoko (Ubundu, R.D. Congo). *Ann. Fac. Sci. Univ. Kisangani*, **11**, 35-46.

- Lubini A., 1982. *Végétation messicole et post culturale de Kisangani et de la Tshopo (Haut Zaïre)*. Thèse de doctorat : Université de Kisangani, République démocratique du Congo.
- Maley J., 1981. *Études palynologiques dans le bassin du Tchad et paléoclimatologie de l'Afrique nord tropicale de 30 000 ans à l'époque actuelle*. Travaux et Documents n° 129. Paris : Orstom.
- Maley J., 1990. L'histoire récente de la forêt dense humide africaine : essai sur le dynamisme de quelques formations forestières. In : Lafranchi R. & Schwartz D. (éds.). *Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*. Paris : Orstom.
- Maley J., 2003. Synthèse sur l'histoire de la végétation et du climat en Afrique centrale au cours du Quaternaire récent. In : Froment A. & Guffroy J. (éds.). *Peuplements anciens et actuels des forêts tropicales*. Paris : IRD.
- Meunier Q., Moumbogou C. & Doucet J.L., 2015. *Les arbres utiles du Gabon*. Gembloux, Belgique : Presses agronomiques de Gembloux.
- Morin-Rivat J. et al., 2014. New evidence of human activities during the Holocene in the lowland forests of the northern Congo Basin. *Radiocarbon*, **56**(1), 209-220.
- Norton T.W., 1996. Conservation of biological diversity in temperate and boreal forest ecosystems. *For. Ecol. Manag.*, **85**, 1-7.
- Nshimba S.M., 2008. *Étude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, RDC*. Thèse de doctorat : Université libre de Bruxelles, Belgique.
- Oldeman A.A., 1990. *Forests: elements of silvology*. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.
- Pons A. & Quézel P., 1985. The history of the flora and vegetation and past and present human disturbance in the mediterranean region. In: Gomez-Campo C. (ed.). *Plant conservation in the Mediterranean area*. Dordrecht, The Netherlands: Junk Publishers.
- Puig H., 2001. *Forêt tropicale humide*. Paris : Édition Belin.
- Rovin V., Touflan P., Botta L. & Talon B., 2007. Histoire de la dynamique végétale passée des forêts anciennes du Queyras. *Ann. sci. massif Mont Viso*, **4**, 27-45.
- Scott A.C., 2000. The Pre-Quaternary history of fire. *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.*, **164**, 281-329.
- Sheail J., 1980. *Historical ecology: the documentary evidence*. Cambridge, United Kingdom: Institute of Terrestrial Ecology.
- Talon B., 1997. *Évolution des zones supraforestières des Alpes sud-occidentales françaises au cours de l'Holocène. Analyse pédoanthracologique*. Thèse de doctorat : Université d'Aix-Marseille III, France.
- Talon B., Carcaillet C. & Thimon M., 1998. Études pédoanthracologiques des variations de la limite supérieure des arbres au cours de l'Holocène dans les Alpes françaises. *Géogr. Phys. Quat.*, **52**(2), 195-208.
- Taylor R.E., 1987. *Radiocarbon dating: an archaeological perspective*. London: Academic Press.
- Thimon M., 1978. La pédoanthracologie : une nouvelle méthode d'analyse phytochronologique depuis le néolithique. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **287**, série D, 1 203-1 246.
- Touflan P. & Talon B., 2008. Histoire et dynamique d'une forêt subalpine (Alpes du Sud, Queyras) en vue de la reconstitution des paysages du passé. In : Galop D. (dir.). *Paysages et environnement*. Besançon, France : Presses universitaires de Franche-Comté.
- Tshibamba M.J., 2015. *Approche pédoanthracologique pour l'étude de l'origine des peuplements à Pericopsis elata (Harms) Van Meeuwen dans la Réserve Forestière de Yoko/RDC*. Thèse de doctorat : Université de Kisangani, République démocratique du Congo.
- Tshibamba M.J. et al., 2013. L'approche pédoanthracologique pour la mise en évidence d'indices de perturbation ; cas des forêts de la région de Kisangani. *Ann. Fac. Sci.*, **15**, 96-111.

Tshibamba M.J. et al., 2020. Perspectives de reconstitution historique de la flore de la réserve forestière de Yoko à travers l'analyse de l'anthracomasse de ses sols. *In* : Bogaert J. et al. (éds). *Les forêts de la Tshopo : écologie, histoire et composition*. Gembloux, Belgique : Presses Universitaires de Liège – Agronomie-Gembloux.

White L.J.T., 1992. *Vegetation history and logging disturbance: effects on rain forest mammals in the Lope Reserve, Gabon*. Ph.D. thesis: University of Edinburgh, Scotland.

## Webographie

<http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php?langue=frdu> 01/06-30/07/2015.

<http://www.insidewood.lib.ncsu.edu/search> (du 15/01 au 25/07/2015).