

# Chapitre 8

## Analyse pédoanthracologique des peuplements à *Pericopsis elata* dans la réserve forestière de Yoko

---

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

L'emploi de la pédoanthracologie, fondée sur la quantification, l'identification botanique et la datation  $^{14}\text{C}$  des charbons de bois extraits des sols forestiers, permet de contribuer à l'étude de la dynamique successorale de la végétation forestière. Cet article a pour objectif de montrer comment l'emploi de la pédoanthracologie permet de contribuer à l'étude de l'histoire des peuplements d'une des espèces les plus emblématiques de l'Afrique centrale : *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen. Nous révélons, pour la première fois, l'origine des perturbations passées dans les peuplements à *P. elata* dans la réserve forestière de Yoko. Les résultats des datations  $^{14}\text{C}$  révèlent un important regroupement des feux plutôt récents, entre 0 et 500 calyr BP, avec une exception de quelques feux plus anciens. Tous ensemble, les feux sous *P. elata* peuvent être regroupés en deux phases chronologiques. Une première phase récente se situe entre 25 et 700 calyr BP, alors qu'il y a une pause entre 430 et 570 calyr BP. Une deuxième phase se situe entre 1 070 et 1 280 calyr BP. En outre, des tessons de poteries ont été collectés dans un des puits fouillés. Les taxons botaniques identifiés dans les assemblages de charbons de bois collectés dans les zones forestières colonisées par les peuplements actuels de *P. elata* sont majoritairement issus de la forêt primaire, avec une prééminence de *Scorodophloeus zenkeri* Harms et de *Gilbertiodendron deweyrei* (De Wild.) J.Léonard. Néanmoins, dans plusieurs puits, une grande partie des types de charbons appartiennent aux espèces des forêts secondaires. En outre, *P. elata* lui-même est, sauf une seule exception, absent des charbons de bois. Ces résultats suggèrent que les peuplements à *P. elata* n'existaient pas avant les perturbations, tandis que les endroits étaient occupés par une forêt plutôt secondaire. La grande surface des peuplements à *P. elata* et la présence des tessons de poteries suggèrent que ce sont probablement les hommes qui ont coupé les forêts secondaires (avec des bois tendres), et que *P. elata* serait un témoin de la pratique de l'agriculture sur brûlis pendant les derniers 500 ans.

### **Pedoanthracologic analysis of *Pericopsis elata* populations in the forest Reserve of Yoko**

Pedoanthracology comprises the quantification, identification and radiocarbon dating of ancient charcoal fragments found in soil layers. Charcoal analysis offers insights in forest composition dynamics. The objective of this chapter is to show how the use of pedoanthracology contributes to our knowledge of the perturbation and regeneration history of one of Central Africa's most emblematic timber species: *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen. We reveal, for the first

---

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).

time, insights in the origin and perturbation history of *P. elata* stands in the forest Reserve of Yoko (Democratic Republic of the Congo). Radiocarbon dating results show that fires were particularly abundant during the last 500 years, with an exception of a few older fire events. Altogether, fire events under *P. elata* were grouped in two chronological phases. A first phase spans between 25 and 700 calyr BP, with a gap between 430 and 570 calyr BP. A second phase spans between 1,070 and 1,280 calyr BP. Furthermore, pottery fragments were collected in one of the profiles. Identified charcoal types belonged primarily to species typically occurring in old-growth forests. 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 in some pits. Secondly, in some pits a remarkably large amount of the charcoal types belonged to secondary forest taxa. Finally, charcoal remains of *P. elata* itself were absent from the charcoal record, except in one pit. These results suggest that *P. elata* stands did not exist before the perturbations. The sites were probably occupied by secondary forest stands. The large surface of the *Pericopsis* stands together with the presence of some pottery sherds suggest that it were probably humans who were at the origin of the stands. They could have chosen the sites because they were occupied by secondary forest species with low wood densities (soft to cut). As a conclusion, *P. elata* stands can probably be seen as silent witnesses of past slash-and-burn activities in Central African forests.

## 1. Introduction

Loin d'avoir toujours formé une masse homogène, stable et peu affectée, et contrairement aux forêts tempérées, on sait aujourd'hui que les forêts tropicales humides ont été soumises à des fluctuations spatio-temporelles de leur configuration et composition (Puig, 2001). La reconstitution de la végétation ligneuse tropicale et de son évolution dans le temps est devenue un véritable défi scientifique.

Les perturbations forestières multiples se sont traduites par l'évolution de la forêt vers une mosaïque de peuplements hétérogènes présents actuellement dans la forêt tropicale africaine (Cordonnier, 2004) qui, en fin de compte, détient peu de véritables forêts primaires à l'exception des zones de refuges (Schwartz et al., 1990). Théoriquement, une forêt primaire est le fruit d'une dynamique naturelle multiséculaire dont l'homme serait exclu (Hébert, 2001). Les traces humaines n'en restent pas moins présentes, la présence de l'homme est attestée de longue date par de nombreux vestiges archéologiques, y compris dans les grands massifs forestiers comme l'Amazonie ou le bassin du Congo (Hébert, 2001 ; Puig, 2001). Les activités humaines sont à l'origine de la défragmentation forestière qui entraîne des processus dominants dans la dynamique paysagère, ce qui modifie durablement la végétation en place (Barima et al., 2010). Concomitamment, les activités humaines sont attestées par les données archéologiques récentes comme ayant joué un rôle non négligeable sur la biodiversité actuelle des forêts tropicales (Puig, 2001).

Plusieurs auteurs ont tenté d'expliquer l'origine climatique de la végétation de l'Afrique centrale (Aubréville, 1962 ; Maley, 1990 ; Maley, 1996), mais pas toujours de façon assez détaillée. En cette matière, les résultats récents des analyses polliniques se sont avérés plus prometteurs (Maley & Brenac, 1998 ; Maley, 2004). Les données palynologiques mettent en évidence le changement de la végétation à l'échelle régionale,

coïncidant avec les premières traces d'occupation et d'exploitation des milieux entre le Néolithique final et l'âge du bronze (3 000-3 500 calyr BP) (Fauquette & Talon, 1995). Cependant, la réponse des assemblages polliniques ne permet pas toujours de retranscrire l'historique des perturbations de faible amplitude ou très localisées et jouant un rôle majeur dans la structuration de la végétation, ni d'expliquer la formation des paysages à l'échelle locale (Carcaillet et al., 1998). Signalons tout de même que la faible précision de l'analyse pollinique de la végétation passée et les divergences de l'échelle de résolution spatio-temporelle sont des défis persistants pour la palynologie (Talon et al., 1998). Toutefois, l'absence de sites humides, favorables à la conservation du pollen, crée des lacunes qu'il s'agit de combler par des études complémentaires (Thinon, 1992).

À cet égard, Thinon (1978) propose le recours aux analyses des charbons de bois retrouvés dans le sol forestier (pédoanthracologie) pour tenter de comprendre la dynamique de la végétation à l'échelle locale et son évolution dans le temps. Pour Touflan & Talon (2008), l'analyse de charbons de bois permet de répondre aux questions relatives à la détermination de la végétation ligneuse passée et au rôle des incendies dans la formation de cette végétation. Carcaillet & Thinon (1996) estiment que les analyses pédoanthracologiques permettent d'apporter de l'information plus précise sur les variations locales de la végétation au cours du temps.

C'est grâce aux analyses quantitatives des anthracomasses, aux identifications botaniques de taxons anciens et à l'analyse radiocarbone (datation au  $^{14}\text{C}$ ) de charbons de bois extraits des sols forestiers que la pédoanthracologie permet de reconstituer d'une manière précise l'historique de la végétation ligneuse à l'échelle locale (Thinon, 1978; Touflan & Talon, 2008). Les charbons de bois extraits des sols forestiers sont désormais considérés comme des marqueurs écologiques de la dynamique forestière (Touflan & Talon, 2008), des témoignages paléoécologiques (Norton, 1996), des indices importants de l'existence de perturbations forestières passées (Tshibamba et al., 2013), ou encore comme une archive naturelle des paléo-feux et de l'historique de la végétation (Hubau, 2013).

Comme proposé par Thinon (1978), nous estimons que les analyses pédoanthracologiques constituent un moyen pertinent pour l'étude de la dynamique de la végétation et des perturbations qui ont occasionné l'installation des peuplements à *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen dans les formations végétales de la forêt tropicale humide et, en particulier, dans la réserve forestière de Yoko concernée par la présente étude.

L'origine des peuplements à *P. elata* dans la forêt tropicale humide suscite bien des interrogations. Des chercheurs ont déjà analysé les comportements écologiques de l'espèce, mais en énonçant des conclusions pouvant être assez diverses et fragmentaires. Selon Bourland (2013), l'espèce est héliophile longévive. Pour Boyemba (2011), elle est indicatrice des perturbations forestières, tandis que pour Oldeman (1990) et Vande Weghe (2004), elle est pionnière et cicatricielle des zones forestières perturbées. Par ailleurs, le statut de cette espèce dans les différents stades successoraux suscite aussi des questions. Vande Weghe (2004) se demande en effet si elle sera effectivement remplacée par des forêts matures puis climaciques.

Ceci étant, l'appréhension de la dynamique passée d'un système écologique forestier nécessite la connaissance de son régime de perturbations (Florence, 1981), moteur de la dynamique végétale et de la mise en place des peuplements et de la biodiversité (Lévêque & Mounolou, 2001). L'établissement et le développement de la flore actuelle dans la forêt tropicale humide résultent des perturbations anciennes (Puig, 2001).

La présente étude cherche à attester si l'origine des peuplements à *P. elata* présents actuellement dans la réserve forestière de Yoko résulterait des perturbations forestières (naturelles ou anthropiques). Si cette hypothèse est fondée, des indices de ces perturbations devraient être présents dans les sols des peuplements actuels à *P. elata* de cette réserve, et leur identification botanique pourrait révéler les taxons botaniques qui occupaient les mêmes zones. L'analyse radiocarbone pourrait également révéler la chronologie des phases de ces perturbations qui sont à l'origine de l'installation des peuplements actuels à *P. elata* et des formations végétales accompagnatrices.

L'objectif de la présente étude est donc de mettre en évidence les perturbations forestières survenues dans la réserve forestière de Yoko, qui seraient à l'origine de peuplements à *P. elata*, d'établir une chronologie de ces perturbations et d'identifier les taxons botaniques qui occupaient les zones forestières colonisées actuellement par les peuplements à *P. elata*. Pour ce faire, nous avons voulu remonter le temps au millénaire, à la recherche des perturbations qui ont affecté cette forêt, et surtout, tenté de reconstituer la composition de la végétation forestière à cette lointaine époque.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Milieu d'étude

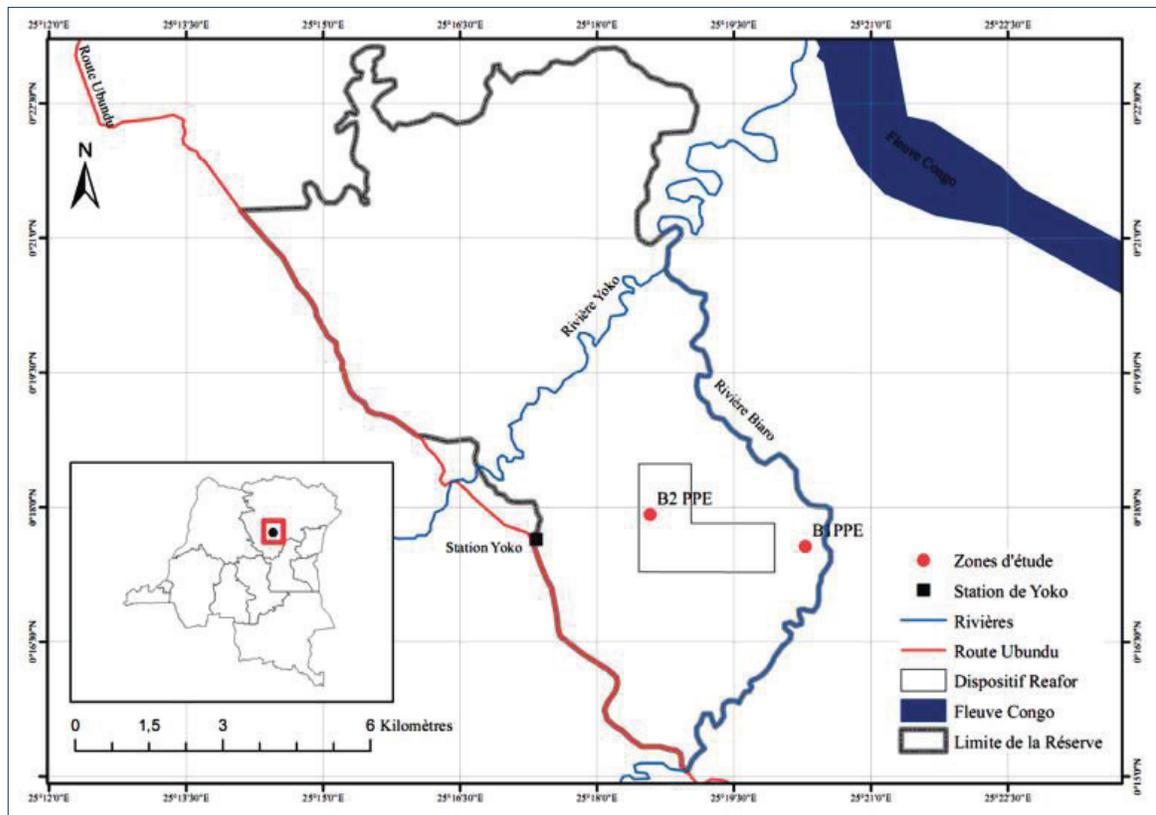
Les données ont été collectées dans les peuplements à *P. elata* de la réserve forestière de Yoko (Figure 1). Les caractéristiques écologiques des sites d'étude sont décrites dans Tshibamba (2015).

### 2.2. Collecte des données pédoanthracologiques

Les données pédoanthracologiques ont été collectées selon le protocole proposé par Thinon (1992), enrichi par Hubau et al. (2012) et adapté par Tshibamba (2015). Dans l'ensemble, 10 fosses ont été creusées, par couche de 10 cm d'épaisseur, sur une profondeur de sol de 1 m et sur une section de 1 m<sup>2</sup>, selon la méthodologie établie par Delneuf et al. (1998), à raison de 5 fosses (profils) pour chaque peuplement de *P. elata*. Au total, 100 couches de sol ont été analysées, soit 10 couches par fosse. Tshibamba (2015) donne les détails sur l'emplacement, la description et le schéma des fosses pédoanthracologiques dans les zones d'étude.

### 2.3. Identification botanique des charbons de bois

Après la préparation des coupes anatomiques dans les trois plans d'observation (transversal, tangentiel et radial) des charbons de bois, la caractérisation anatomique est faite sur la base des critères IAWA (1989). Le regroupement en types anthracologiques



**Figure 1.** Localisation des peuplements à *P. elata* dans la réserve forestière de Yoko. B1 = bloc 1 ; B2 = bloc 2 ; PPE = peuplement à *P. elata*.

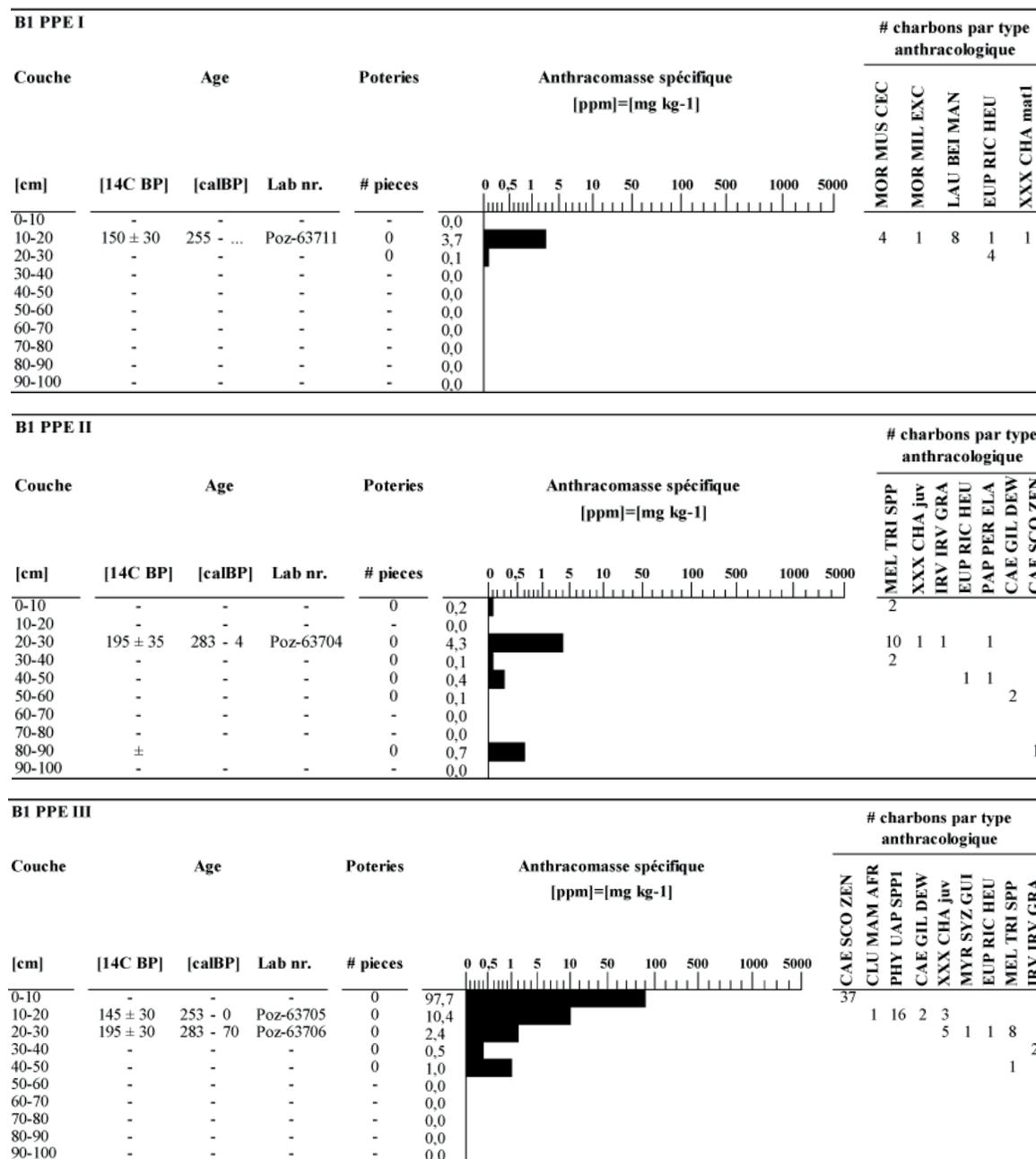
est fait en fonction de leur ressemblance anatomique, et l'identification botanique des taxons est réalisée à partir de données consignées dans la base de données Insidewood «[insidewood.lib.ncsu.edu](http://insidewood.lib.ncsu.edu)» et également à l'aide du protocole d'identification de Hubau et al. (2012). La comparaison anatomique des taxons botaniques identifiés est réalisée au xylarium du M.R.A.C. (Belgique). La présence de taxons dans la zone d'étude et l'appréciation écologique de ces taxons (forme, tempérament et type de forêts de préférence) est faite sur base des 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>».

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

Les critères de choix de fragments de charbons de bois à analyser au radiocarbone ( $n = 13$ ) et la méthode d'analyse radiocarbone utilisés dans cet article sont décrits dans Tshibamba (2015). Signalons que le coût unitaire important de la datation au  $^{14}\text{C}$  a constitué un motif de limitation du nombre des fragments de charbons de bois analysés au radiocarbone ( $n = 13$ ) dans cet article. Le calibrage des dates  $^{14}\text{C}$  de l'année BP, considérée moins précise que l'année calibrée (calyr BP, avec 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).

### 3. Résultats

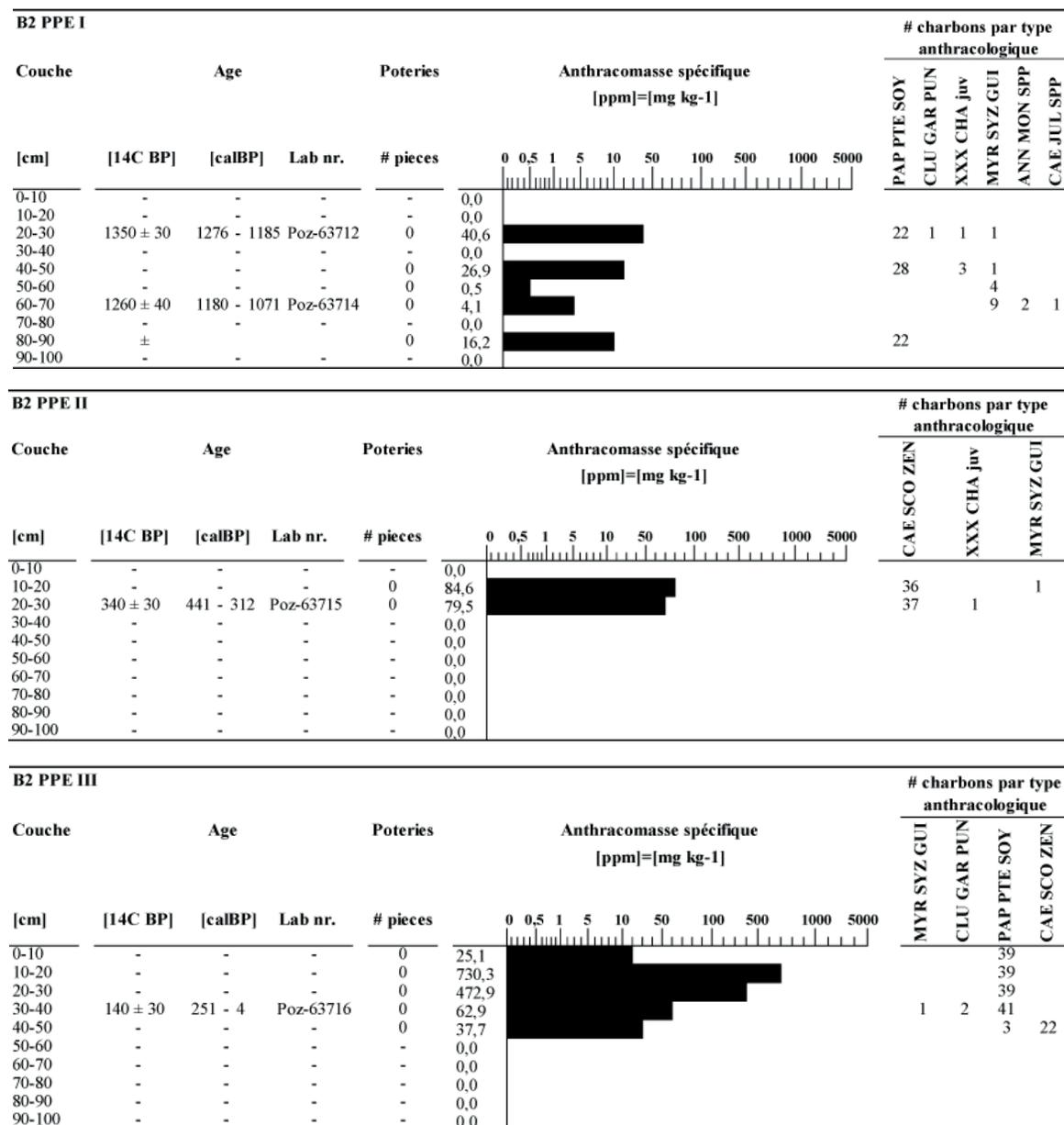
La figure 2 présente les cinq profils pédoanthracologiques sous le premier bloc de peuplement actuel de *P. elata*.



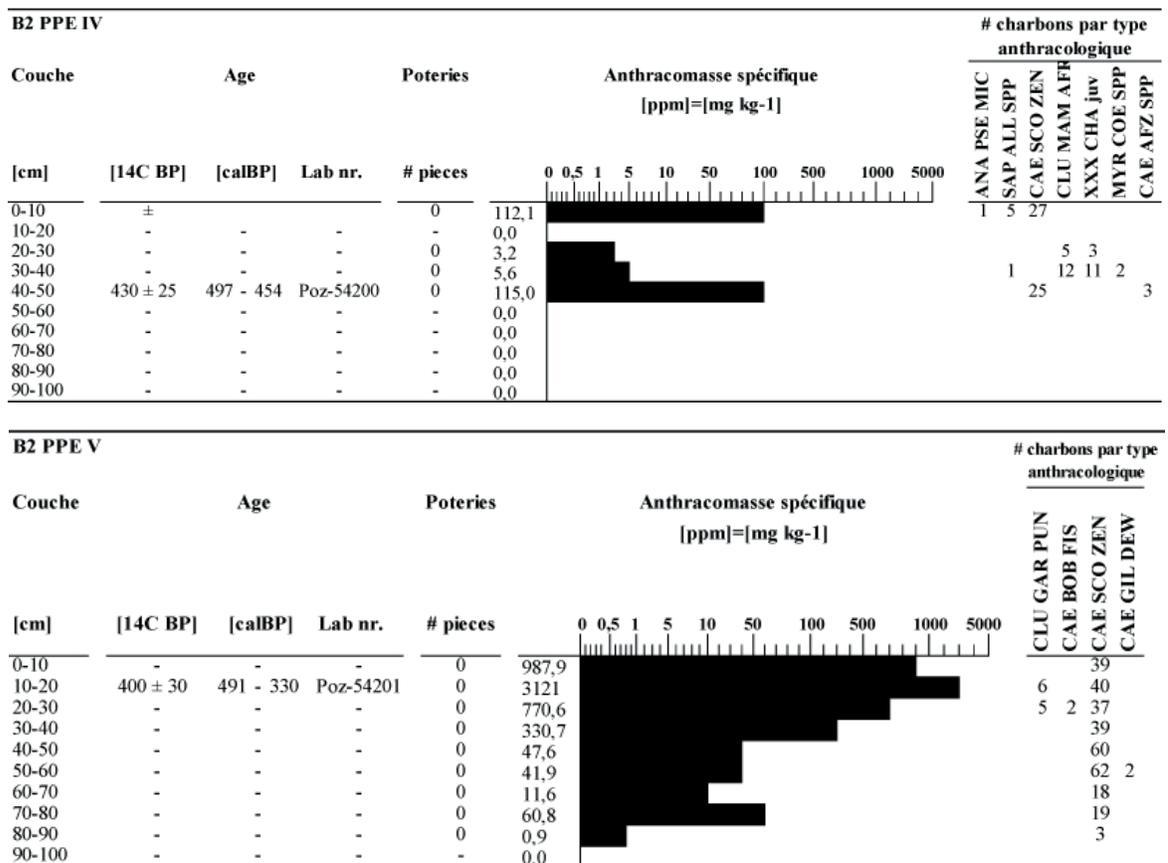
**Figure 2.** Profils pédoanthracologiques sous le premier bloc de peuplement actuel de *P. elata* (réserve forestière de Yoko). PPE : peuplement à *P. elata*, B1 : bloc 1; # : nombre. L'anthracomasse spécifique (mg.kg<sup>-1</sup>) est indiquée par les chiffres et les barres noires; l'analyse radiocarbone est indiquée par les chiffres (668-572 en âge calyr BP pour le profil B1 PPE V), illustration de feux anciens; l'identification botanique est indiquée par les types anthracologiques (taxons anciens identifiés dans les assemblages de charbons de bois). La signification de tous les types anthracologiques identifiés est donnée au tableau 1.



La figure 3 présente les cinq profils pédoanthracologiques sous le second bloc de peuplement actuel de *P. elata*.



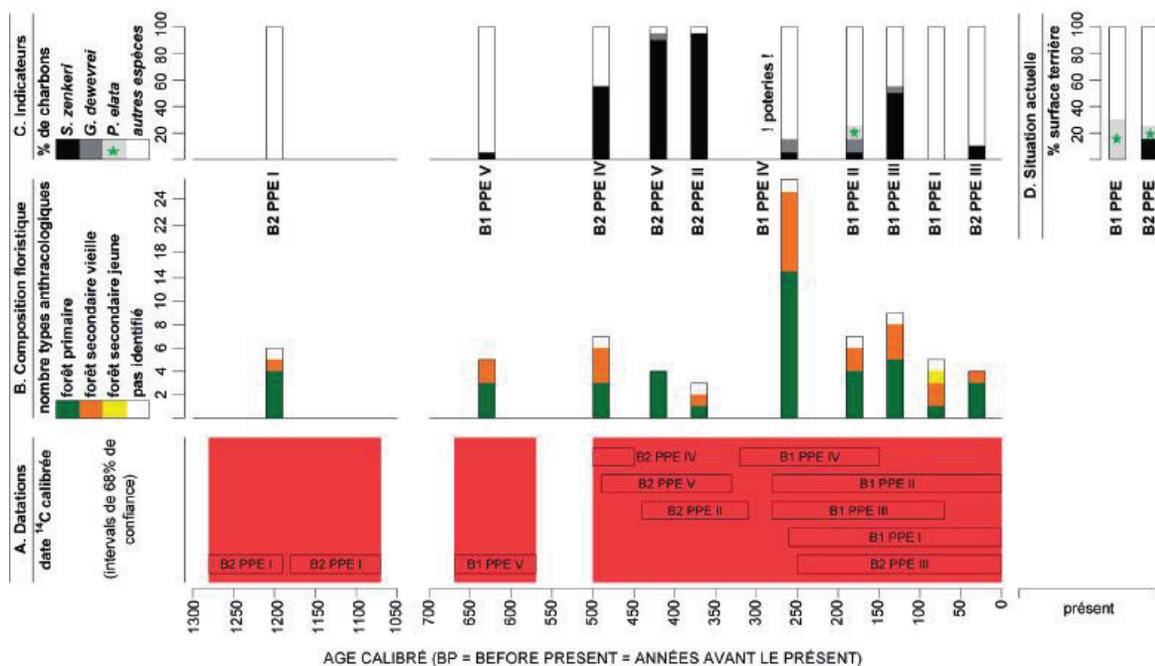
**Figure 3.** Profils pédoanthracologiques sous le deuxième bloc de peuplement actuel de *P. elata* (réserve forestière de Yoko). PPE : peuplement à *P. elata*, B2 : bloc 2; # : nombre. L'anthracomasse spécifique (mg.kg<sup>-1</sup>) est indiquée par les chiffres et les barres noires; l'analyse radiocarbone est indiquée par les chiffres (491-330 en âge calyr BP pour le profil B2 PPE V), illustration de feux anciens ; l'identification botanique est indiquée par les types anthracologiques (taxons anciens identifiés dans les assemblages de charbons de bois). La signification de tous les types anthracologiques identifiés est donnée au tableau 1.



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

La figure 4 présente une synthèse des résultats des analyses pédoanthracologiques des sols des peuplements actuels de *P. elata*. La figure reprend l'analyse radiocarbone, la composition floristique des catégories forestières identifiées dans les assemblages de charbons de bois, les taxons indicateurs et leur pourcentage dans les types forestiers identifiés, et enfin le pourcentage des mêmes taxons indicateurs dans la composition floristique actuelle. Pour un total de 1 566 échantillons de charbons de bois analysés, 40 taxons botaniques ont été identifiés, répartis en 40 genres et 20 familles (Tableau 1).

Les images des trois plans d'observation anatomique d'un fragment de charbon de bois de *P. elata*, identifié dans les assemblages collectés dans le sol d'un peuplement actuel de *P. elata* sont présentées à la figure 5.



**Figure 4.** Résultats des analyses pédoanthracologiques des profils sous les peuplements actuels de *P. elata* (réserve forestière de Yoko). **A.** Résultats de l'analyse radiocarbone ( $n = 13$  dates) avec des intervalles de confiance de 68%. Les zones rouges représentent trois périodes des feux anciens : Âge récent allant de 0 à 500 calyr BP; Âge intermédiaire allant de 570 à 700 calyr BP et Âge ancien allant de 1070 à 1280 calyr BP. Notons aussi les deux périodes de pause entre les feux : entre 500 et 570 et entre 670 et 1070. **B.** Composition floristique dans le passé. La figure présente le nombre de types anthracologiques par assemblage de charbons de bois. Chaque histogramme représente chacune des 10 fosses analysées. L'appréciation écologique des types anthracologiques est représentée par des couleurs : le vert représente les types appartenant à la forêt primaire, le brun représente ceux de la forêt secondaire vieille (avec des espèces pionnières longévives), le jaune représente ceux de la forêt secondaire jeune (avec les espèces pionnières non-longévives), et le blanc représente les types non-identifiés (anatomie juvénile). **C.** Proéminence des espèces indicatrices. Les nuances de gris présentent le pourcentage des fragments de charbon analysés par espèce indicatrice : le noir pour des charbons de bois appartenant à *Scorodophloeus zenkeri* Harms, le gris-foncé pour *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J.Léonard et le gris-clair avec étoile pour *P. elata*. On note aussi la présence des poteries dans le profil B1PPEIV. **D.** Proéminence des espèces indicatrices dans la forêt actuelle. Elles sont présentées par leur pourcentage de 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 la figure.

**Tableau 1.** Résultats de l'identification des types anthracologiques des profils sous *P. elata*. Par type anthracologique, le tableau présente les taxons qui ressemblent le plus à l'anatomie du charbon de bois. Celui qui y ressemble le plus fortement est indiqué en gras. Pour chaque taxon retenu, sa présence dans une zone géographique est donnée (BC = bassin du Congo; Kis = Kisangani; Yok = Yoko; p = présent; a = absent) ainsi que 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 est basée sur les caractéristiques du taxon repris en gras.

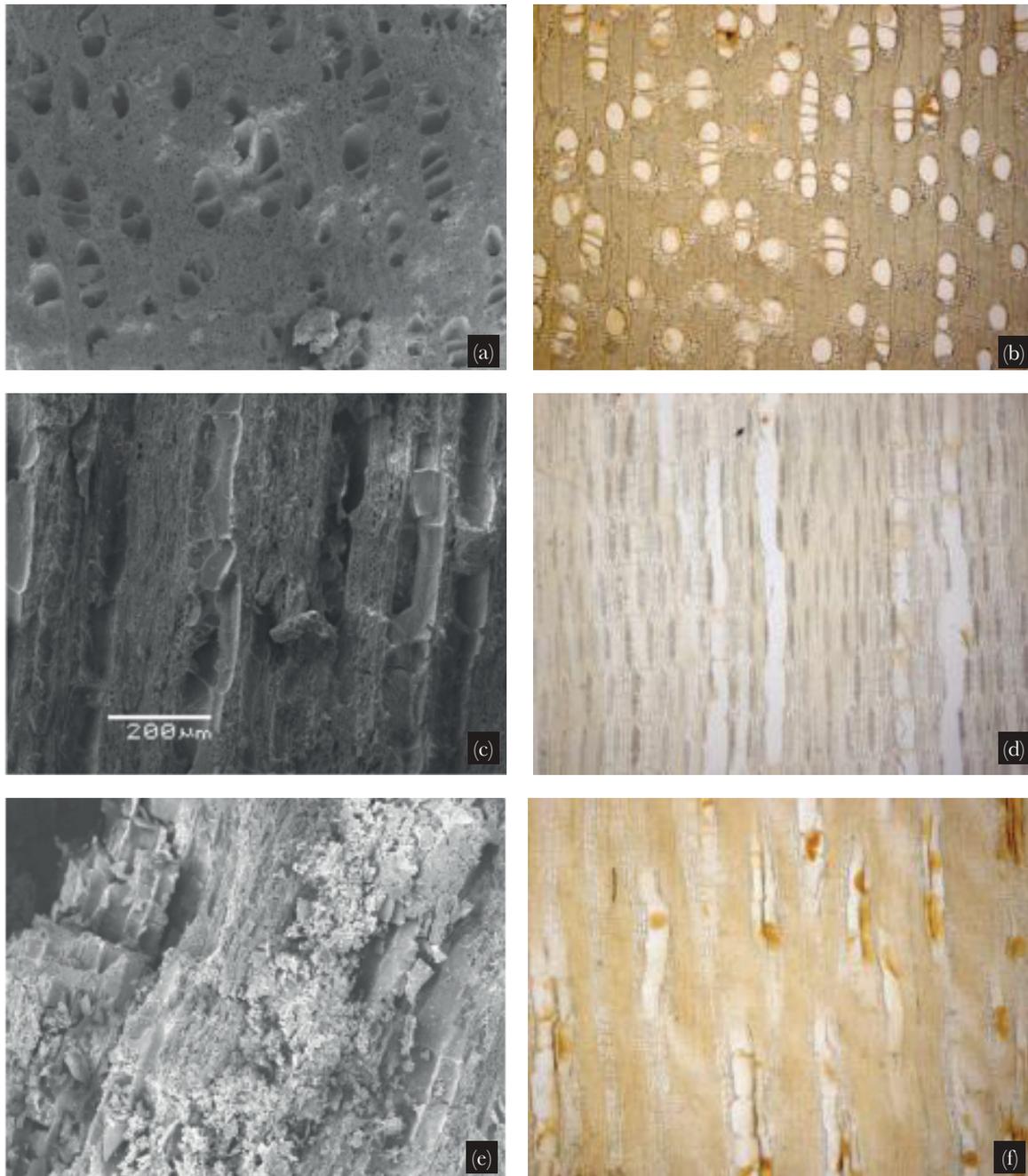
Type anthracologique	Taxons retenus après identification		Présence			Appréciation écologique			
	Famille	Espèce	BC	Kis	Yok	Forme	Tempérament	Type de forêt	
ANA PSE MIC	Anacardiaceae	<i>Pseudospondias microcarpa</i>	p	p	p	arbre	sci/hé	primaire	semp/semi-déc
ANN MON SPP	Annonaceae	<i>Monodora myristica</i>	p	p	p	arbre	sciaphile	primaire	semi-décidue
	Annonaceae	<i>Monodora tenuifolia</i>	p	p	a	arbre	sciaphile	primaire	semp/semi-déc
ANN POL SUA	Annonaceae	<i>Polyalthia suaveolens</i>	p	p	p	arbre	sciaphile	primaire	semp/semi-déc
APO ANG PYR	Apocynaceae	<i>Ancylobothrys pyriformis</i>	p	a	a	liane	?	sec. vieille	semp/semi-déc
CAE AFZ SPP	Fabaceae	<i>Afzelia 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 GIL DEW	Fabaceae	<i>Gilbertiodendron devevrei</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 pellegriniana</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 SCO ZEN	Fabaceae	<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	p	p	p	arbre	sciaphile	primaire	semp/semi-déc
CAE TET BIF	Fabaceae	<i>Tetraberlinia bifoliolata</i>	a	a	a	arbre	sciaphile	primaire	semp/semi-déc
	Fabaceae	<i>Tetraberlinia polyphylla</i>	?	a	a	arbre	sciaphile	primaire	semp/semi-déc
	Fabaceae	<i>Tetraberlinia tubmaniana</i>	a	a	a	arbre	sciaphile	primaire	semi-décidue

.../... Tableau 1. Suite.

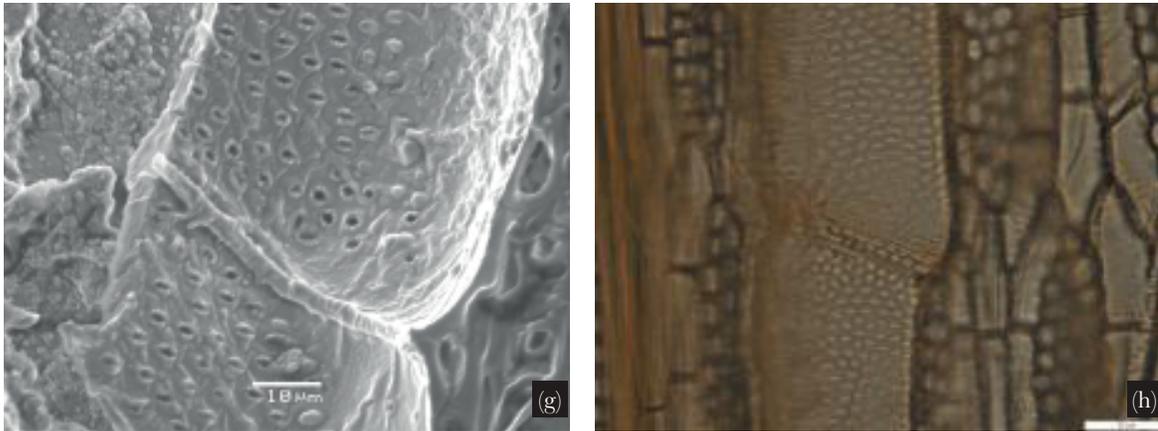
Type anthracologique	Taxons retenus après identification		Présence			Appréciation écologique		
	Famille	Espèce	BC	Kis	Yok	Forme	Tempérament	Type de forêt
CAR LEP DAP	Icacinaceae	<i>Leptaulus daphnoides</i>	p	p	a	arbre	héliophile	sec. vieille semp/semi-déc
CLU GAR PUN	Clusiaceae	<i>Garcinia punctata</i>	p	p	p	arbre	héliophile	primaire semp/semi-déc
	Clusiaceae	<i>Garcinia smeathmannii</i>	p	p	a	arbuste	héliophile	primaire sempervirent
CLU MAM AFR	Clusiaceae	<i>Mammea africana</i>	p	p	p	arbre	sciaphile	primaire semp/semi-déc
EUP RIC HEU	Euphorbiaceae	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	p	p	p	arbre	héliophile	sec. vieille semp/semi-déc
EUP TET DID	Euphorbiaceae	<i>Tetrorchidium didymostemon</i>	p	p	a	arbre	héliophile	sec. vieille semp/semi-déc
HUA HUA GAB	Huaceae	<i>Hua gabonii</i>	p	p	a	arbre	sciaphile	primaire semp/semi-déc
IRV IRV GRA	Irvingiaceae	<i>Irvingia grandifolia</i>	p	p	p	arbre	sciaphile	primaire semp/semi-déc
LAU BEI MAN	Lauraceae	<i>Beilschmiedia mannii</i>	p	p	a	arbre	sciaphile	primaire semp/semi-déc
	Lauraceae	<i>Beilschmiedia congolana</i>	p	p	a	arbre	sciaphile	primaire sempervirent
	Lauraceae	<i>Beilschmiedia corbisieri</i>	p	p	a	arbre	sciaphile	primaire semp/semi-déc
MAL COL SPP	Sterculiaceae	<i>Cola gigantea</i>	p	p	p	arbre	héliophile	sec. vieille semi-décidue
MEL GUA SPP	Meliaceae	<i>Guarea cedrata</i>	p	p	p	arbre	sciaphile	primaire semi-décidue
	Meliaceae	<i>Guarea laurentii</i>	p	p	a	arbre	sciaphile	primaire semi-décidue
MEL TRI SPP	Meliaceae	<i>Trichilia rubescens</i>	p	p	p	arbre	héliophile	primaire semp/semi-déc
	Meliaceae	<i>Trichilia tessmannii</i>	p	p	a	arbre	héliophile	primaire semp/semi-déc
MOR MIL EXC	Moraceae	<i>Milicia excelsa</i>	p	p	p	arbre	héliophile	sec. vieille semp/semi-déc
MOR MUS CEC	Cecropiaceae	<i>Musanga cecropioides</i>	p	p	p	arbre	héliophile	sec. jeune semp/semi-déc
MYR COE SPP	Myristicaceae	<i>Coelocaryon preussii</i>	p	p	p	arbre	sciaphile	sec. vieille semp/semi-déc
	Myristicaceae	<i>Coelocaryon botryoides</i>	p	p	a	arbre	sciaphile	primaire semp/semi-déc
MYR SYZ GUI	Myrtaceae	<i>Syzygium guineense</i>	p	p	a	arbre	héliophile	sec. vieille semp/semi-déc
PAP DER SPP	Fabaceae	<i>Derris trifoliata</i>	?	a	a	liane	?	primaire semi-décidue
PAP PER ELA	Fabaceae	<i>Pericopsis elata</i>	p	p	p	arbre	héliophile	sec. vieille semp/semi-déc

.../.. Tableau 1. Suite.

Type anthracologique	Taxons retenus après identification		Présence			Appréciation écologique			
	Famille	Espèce	BC	Kis	Yok	Forme	Tempérament	Type de forêt	
PAP PTE SOY	Fabaceae	<i>Pterocarpus soyauxii</i>	p	p	p	arbre	sciaphile	primaire	semp/semi-déc
PAP SCH USA	Fabaceae	<i>Schefflerodendron usambarense</i>	p	p	a	arbre	?	primaire	semp/semi-déc
PHY ANT SPP	Phyllanthaceae	<i>Antidesma laciniatum</i>	p	p	a	arbre	héliophile	sec. vieille	semp/semi-déc
	Phyllanthaceae	<i>Antidesma vogelianum</i>	p	p	a	arbre	héliophile	primaire	semp/semi-déc
PHY SPO SPP	Euphorbiaceae	<i>Spondianthus preussii</i>	p	p	a	arbre	sciaphile	primaire	semp/semi-déc
PHY UAP SPP	Euphorbiaceae	<i>Uapaca heudelotii</i>	p	p	a	arbre	sciaphile	sec. vieille	semp/semi-déc
SAL HOM SPP	Flacourtiaceae	<i>Homalium africanum</i>	p	p	a	arbuste	sciaphile	sec. vieille	semp/semi-déc
	Flacourtiaceae	<i>Homalium stipulaceum</i>	p	p	a	arbre	héliophile	sec. vieille	semp/semi-déc
SAL ONC SPP	Flacourtiaceae	<i>Oncoba subtomentosa</i>	p	p	p	arbre	héliophile	sec. vieille	semp/semi-déc
	Flacourtiaceae	<i>Oncoba welwitschii</i>	p	p	a	arbre	héliophile	sec. vieille	semp/semi-déc
SAP ALL SPP	Sapindaceae	<i>Allophylus africanus</i>	p	p	a	arbre	héliophile	sec. vieille	semi-décidue
SAP BLI UNI	Sapindaceae	<i>Blighia unijugata</i>	p	p	a	arbre	héliophile	primaire	semp/semi-déc
SAP CHY SPP	Sapindaceae	<i>Chytranthus carneus</i>	p	p	p	arbuste	sciaphile	primaire	semp/semi-déc
	Sapindaceae	<i>Chytranthus macrobotrys</i>	p	p	a	arbuste	sciaphile	primaire	semp/semi-déc
	Sapindaceae	<i>Chytranthus mortehanii</i>	p	p	a	arbuste	?	sec. vieille	semp/semi-déc
SAP SYN SPP	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum africanum</i>	p	p	a	arbre	sciaphile	primaire	semp/semi-déc
	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum albidum</i>	p	?	a	arbre	sciaphile	primaire	semp/semi-déc
	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum beguei</i>	p	p	a	arbre	sciaphile	primaire	semp/semi-déc
	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum giganteum</i>	a	a	a	arbre	sciaphile	primaire	semp/semi-déc
	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum pruniforme</i>	p	p	a	arbre	sciaphile	primaire	semp/semi-déc



**Figure 5.** Anatomie comparée des charbons de bois et des échantillons de collection de *P. elata*. **À gauche** du haut vers le bas : les plans transversal, tangential et radial (a-c-e-g), des images d'un fragment de charbon de bois analysé (B1 PPE II 20-30-7) acquises par Scanning Electron Microscope (SEM). **À droite** du haut vers le bas : les plans transversal, tangential et radial (b-d-f-h) des images des coupes anatomiques de l'échantillon du bois de référence Tw933, prises au microscope à lumière transmise et numérisées avec le logiciel Cell<sup>^</sup>Be.



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

## 4. Discussion

### 4.1. Origine des peuplements actuels de *Pericopsis elata*

Les zones forestières actuellement colonisées par les peuplements à *P. elata* dans la réserve forestière de Yoko ont subi des feux anciens regroupés en trois phases chronologiques : un âge récent situé entre 0 à 500 calyr BP, un âge intermédiaire situé entre 570 à 700 calyr BP et un âge plus ancien situé entre 1 070 à 1 280 calyr BP. Notons aussi les deux périodes de pause entre les feux enregistrées dans les assemblages de charbons de bois, situées entre 500 et 570, et entre 670 et 1 070 calyr BP. Ces phases chronologiques des feux anciens soutiennent l'hypothèse de l'occurrence de perturbations forestières d'origine naturelle ou anthropique dans la réserve. Ces perturbations, et surtout la plus récente, pourraient avoir occasionné des conditions écologiques – tel est le cas de l'accès à la lumière, à l'air, etc. – favorables à l'installation des peuplements actuels à *P. elata* et de la flore actuelle dans cette réserve, considérée trop souvent et erronément comme exempte de traces de perturbations. L'accumulation de charbons de bois entre 0 et 50 cm de profondeur du sol est particulièrement intéressante car elle correspond à un important regroupement des datations  $^{14}\text{C}$  dans la première phase chronologique des feux, située entre 0 et 500 calyr BP, ce qui vient consolider l'hypothèse du rôle des perturbations les plus récentes dans l'établissement des peuplements actuels de *P. elata*.

L'accumulation de charbons de bois, couplée à la présence de tessons de poterie à côté d'un nombre élevé de types anthracologiques (29 types identifiés) dans le profil B1 PPE IV, reflète l'utilisation humaine massive et non sélective des espèces végétales ligneuses à l'endroit où ce profil a été creusé. Contrairement aux autres profils, ce constat particulier témoigne très vraisemblablement d'une activité humaine (proximité probable d'un ancien foyer de cuisson), et constitue donc un indice important de l'occupation humaine de cette zone de la réserve. Nos résultats pourraient confirmer la conclusion de Waterbolk (1971) selon laquelle les poteries se retrouvent dans 85 % des cas en association dans le sol avec des charbons de bois et/ou des noix de palme, et qu'elles ont de fortes probabilités de dater de la même époque que les charbons de bois.

La présence de taxons de la végétation ligneuse caractéristique de la forêt primaire dans les assemblages de charbons de bois extraits des sols sous les peuplements actuels de *P. elata* constitue un indicateur incontestable de l'existence passée d'une végétation ligneuse stable qui aurait subi des perturbations, elles-mêmes à l'origine de l'installation de la végétation actuelle. Cette idée est soutenue par la dominance de *S. zenkeri* et de *G. dewevrei* dans les assemblages de charbons de bois collectés dans le sol des peuplements actuels de *P. elata*. Ces deux espèces sont en effet caractéristiques de la forêt primaire semi-décidue et sempervirente, mature et stable.

#### 4.2. *Pericopsis elata* comme indicateur de perturbations forestières récentes

L'identification de *P. elata* faite dans les assemblages de charbons de bois extraits des sols des zones forestières colonisées actuellement par les peuplements à *P. elata* dans le profil B1 PPE II soutient l'hypothèse de l'existence de *P. elata* dans un passé récent remontant jusqu'à  $1\,350 \pm 30$  calyr BP avant l'installation des peuplements actuels. Rappelons que cette espèce, considérée héliophile longévive de la forêt secondaire vieille (Lebrun & Gilbert, 1954), est indicatrice de perturbations forestières importantes (Boyemba, 2011). Elle a le statut d'espèce pionnière car elle cicatrise rapidement les zones perturbées (Vande Weghe, 2004). La présence de *P. elata* aux côtés de *S. zenkeri* et de *G. dewevrei*, espèces caractéristiques de la forêt tropicale humide, primaire, mature et stable (Lebrun & Gilbert, 1954), identifiées dans les assemblages de charbons de bois, permet d'envisager l'existence de perturbations forestières passées qui auraient ouvert la canopée, favorisant davantage la régénération d'autres espèces ligneuses qui ont recolonisé les zones perturbées et refermé la canopée rapidement. Le nombre très réduit de fragments de charbons de bois appartenant à *P. elata* (deux fragments) dans les assemblages collectés met, certes, en évidence sa présence dans la végétation ligneuse passée, mais de façon limitée, laissant la dominance à d'autres espèces dans la recolonisation des zones perturbées.

Les inventaires réalisés mettent en évidence la présence importante de *P. elata* dans la composition floristique actuelle de la zone de 2 ha du bloc 1, alors que *S. zenkeri* et *G. dewevrei* en sont absents. Dans le bloc 2 par contre, la présence de *P. elata* reste importante mais elle est accompagnée de *S. zenkeri*. Cette différence pourrait être attribuée à l'intensité des perturbations qui ont affecté ces deux zones.

La présence de peuplements actuels à *P. elata* dans la réserve forestière de Yoko succédant une autre végétation ligneuse vient renforcer l'idée admise actuellement que l'origine et l'extension des espèces héliophiles dans les massifs forestiers africains est tributaire des changements environnementaux (Maley, 1996). La présence actuelle de mosaïques de peuplements hétérogènes dans la forêt tropicale humide africaine est le reflet de perturbations multiples qui ont affecté le domaine forestier au cours des trois derniers millénaires, et qui ont occasionné l'extension des espèces héliophiles actuellement dominantes (Oldeman, 1990).

Enfin, notons à titre indicatif que l'identification botanique des fragments de charbons de bois appartenant à *P. elata*, *S. zenkeri* et *G. dewevrei*, espèces indicatrices des types forestiers, a été facilitée par les caractéristiques de leurs tissus (vaisseaux, parenchymes,

rayons, fibres, etc.) distinctement identifiables sur tous les plans d'observation, mais aussi par la disponibilité des informations écologiques sur la distribution géographique des espèces et des taxons de référence du xylarium du M.R.A.C., contrairement à d'autres espèces comme *Ancylobothrys pyriformis* Pierre, *Derris trifoliata* Lour ou encore *Schefflerodendron usambarense* Harms, moins bien documentées, rendant ainsi leur identification moins précise.

## 5. Conclusions

Cette étude basée sur des analyses pédoanthracologiques a recueilli des preuves paléoécologiques originelles de perturbations forestières passées dans les zones forestières inexplorées de la réserve forestière de Yoko, actuellement colonisées par des peuplements à *P. elata* et des formations végétales accompagnatrices.

Une accumulation de charbons de bois est enregistrée entre 0 et 50 cm de profondeur de sol forestier. Trois phases chronologiques de feux anciens sont mises en évidence, une phase récente située entre 0 et 500 calyr BP, une phase intermédiaire entre 570 et 700 calyr BP et une phase plus ancienne située entre 1 070 et 1 280 calyr BP. Elles sont le reflet de feux ponctuels espacés de deux périodes de pause situées entre 500 et 570, 670 et 1 070 calyr BP, qui ont permis la recolonisation de la végétation ligneuse dans les zones perturbées. Cette chronologie et la découverte de tessons de poterie à côté des charbons de bois, regroupant un nombre important de types anthracologiques dans les mêmes profils, viennent renforcer l'idée de l'origine anthropique et relativement récente de ces perturbations, qui ont conduit à l'ouverture de la canopée, occasionnant ainsi des conditions (notamment de lumière) favorables à l'installation des peuplements actuels de *P. elata* à des endroits précis. Rappelons à cet égard que, selon Boyemba (2011), *P. elata* nécessite des trouées de grandes dimensions (voisines de 1 ha) pour constituer des peuplements. Or, en forêts tropicales, de telles étendues sont le plus souvent d'origine anthropique.

Les espèces végétales ligneuses identifiées dans les assemblages de charbons de bois collectés dans les zones forestières colonisées par les peuplements actuels de *P. elata* sont majoritairement issues de la forêt primaire, sempervirente ou semi-décidue, considérée comme mature et stable. Elles sont majoritairement de la famille des Fabaceae avec une dominance de *S. zenkeri* et de *G. dewevrei*.

Cette démarche pédoanthracologique met les perturbations forestières au cœur des cycles de régénération qui sont à l'origine de la mosaïque de peuplements hétérogènes actuellement présents dans la forêt tropicale africaine.

## Bibliographie

- Aubréville A., 1962. Position chorologique du Gabon. Flore du Gabon, 3:3 – II. *Museum Hist. Nat. Paris*, **3**, 3-11.
- Barima Y.S.S., Barbier N., Ouattara B. & Bogaert J., 2010. Relation entre la composition floristique et des indicateurs de la fragmentation du paysage dans une région de transition forêt-savane ivoirienne. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **14**(4), 617-625.
- Bourland N., 2013. *Dynamique d'une espèce ligneuse héliophile longévive dans un monde changeant : le cas de Pericopsis elata (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae) au sud-est du Cameroun*. Thèse de doctorat : Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique.
- 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. & Thinon M., 1996. Pedaanthracological 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., Talon B. & Barbero M., 1998. *Pinus cembra* et incendies pendant l'Holocène, 300 m au-dessus de la limite actuelle des arbres dans le massif de la Vanoise (Alpes du nord-ouest). *Écologie*, **29**(1-2), 277-282.
- Cordonnier T., 2004. *Perturbations, diversité et permanence des structures dans les écosystèmes forestiers*. Thèse de doctorat : Université Paris XI, France.
- Delneuf M., Otto T. & Thinon M., 1998. Occupations humaines anciennes et dynamique forestière. Approche croisée en plaine Tikar au Cameroun. In : Froment A. & Guffroy J. (éds). *Peuplements anciens et actuels des forêts tropicales*. Marseille, France : IRD éditions.
- 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.
- Fauquette S. & Talon B., 1995. Histoire de la végétation forestière d'un site du Briançonnais : le lac de Cristol (Hautes-Alpes, France). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **321**, 255-262.
- Florence J., 1981. *Chablès et sylvoigénèse dans une forêt dense humide sempervirente du Gabon*. Thèse de doctorat : Université Louis Pasteur, Strasbourg, France.
- 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. SHCl13 southern hemisphere calibration, 0-50,000 years cal BP. *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.
- 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**.
- Lévêque C. & Mounolou J.C., 2001. *Biodiversité : dynamique biologique et conservation*. 2<sup>e</sup> édition. Paris : Dunod.

- 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., 1996. Le cadre paléoenvironnemental des refuges forestiers africains : quelques données et hypothèses. *In* : van der Maesen L.J.G., van der Burgt X.M. & van Medenbach de Rooy J.-M. (éds.). *The biodiversity of African plants*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Maley J., 2004. Les variations de la végétation et des paléoenvironnements du domaine forestier africain au cours du Quaternaire récent. *In* : Renault-Miskovsky J. & Semah A.M. (éds.). *Guide de la préhistoire mondiale*. Paris : Artcom.
- Maley J. & Brenac P., 1998. Vegetation dynamics, palaeoenvironments and climatic changes in the forests of western Cameroon during the last 28,000 years B.P. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **99**, 157-187.
- Meunier Q., Moubogou C. & Doucet J.L., 2015. *Les arbres utiles du Gabon*. Gembloux, Belgique : Presses agronomiques de Gembloux.
- 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.
- Puig H., 2001. *Forêt tropicale humide*. Paris : Édition Belin.
- Schwartz D., de Foresta H., Dechamps R. & Lanfranchi R., 1990. Découverte d'un premier site de l'âge du fer ancien (2110 B.P) dans le Mayombe congolais. Implications paléobotaniques et pédologiques. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **2**(310), 1 293-1 298.
- Talon B., Carcaillet C. & Thinon 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.
- Thinon 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.
- Thinon M., 1992. *L'analyse pédoanthracologique : aspect méthodologique et applications*. Thèse de doctorat : Université d'Aix-Marseille III, France.
- 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 Percopsis 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.
- Vande Weghe J.P., 2004. *Forêts d'Afrique centrale. La nature et l'homme*. Tiel, Belgique : Lannoo.
- Waterbolk H.T., 1971. Working with radiocarbon dates. *Proc. Prehistory Soc.*, **37**(2), 15-33.

## Webographie

- <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php?langue=fr> (du 01/06 au 30/07/2015).
- <http://www.insidewood.lib.ncsu.edu/search> (du 15/01 au 25/07/2015).

