

Chapitre 5

L'approche pédoanthracologique pour la mise en évidence d'indices de perturbation – cas des forêts de la région de Kisangani

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

Dans la double perspective de la gestion durable des fonctions de la forêt et de la satisfaction des besoins humains, cette étude, basée sur une approche pédoanthracologique, apporte des indices paléoenvironnementaux de l'existence de perturbations passées dans les forêts de la région de Kisangani. La démarche a consisté à quantifier et identifier les charbons de bois collectés dans des fosses pédoanthracologiques par couches successives de 10 cm de profondeur. Les fragments de poteries ont également été dénombrés. Parmi les charbons de bois trouvés dans les sols forestiers de Yangambi, Yoko, Masako et Kole, la famille des Fabaceae (sous-famille de Caesalpinioideae) est largement représentée. Cette famille est caractéristique de la forêt tropicale humide. La présence à diverses profondeurs de ces charbons de bois ainsi que de fragments de poteries traduit l'existence de perturbations liées aux activités anthropiques passées dans ces forêts.

Pedoanthracological evidence reveals past occurrences of perturbations in the forests of the Kisangani region

This study presents palaeoenvironmental evidence for the existence of past perturbations in the forests of the Kisangani region, using a pedoanthracological approach. Within a broader perspective, our results can contribute to both sustainable management of forest functions and satisfaction of human needs. The primary objective is to quantify and identify charcoal fragments in pedoanthracological excavations in the Yangambi, Yoko, Masako and Kole forest regions. Charcoal sampling was conducted in intervals of 10 cm, whereby pottery fragments were also registered and quantified. Charcoal was found in all excavations and identifications point at a manifest presence of the family of Fabaceae (Caesalpinioideae). This family is characteristic of the tropical humid rainforest. The presence of charcoal fragments from these taxa, associated with pottery sherds on different depths within the profiles, suggests past occurrences of anthropogenic perturbations in these forests.

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

Cet article a déjà fait l'objet d'une publication en 2013 dans *Ann. Fac. Sci.*, **15**, 96-111. La présente version est une adaptation libre de la publication originale. Reproduit avec l'autorisation de l'éditeur.

1. Introduction

Les témoignages paléoécologiques sont très utiles pour orienter la gestion forestière dans une optique de développement durable, et surtout pour apporter des éléments de réponse à des questions aussi controversées que l'état naturel des forêts denses humides, leur végétation potentielle ou leur état d'équilibre. La pédoanthracologie, à travers la quantification et l'identification des charbons de bois trouvés dans le sol, permet de reconstituer l'évolution de la végétation ligneuse au cours du temps et de la relier à d'éventuelles perturbations anthropiques (Thinon, 1978). Les forêts d'Afrique centrale ont souvent été considérées comme des forêts primaires (Schwartz et al., 1999; Senterre, 2005; Braadbaart & Poole, 2008), c'est-à-dire des forêts exemptes de traces de perturbations anthropiques depuis des siècles (Vande Weghe, 2004). Cependant, de plus en plus d'études montrent que ces forêts tropicales seraient, en fait, des forêts perturbées issues d'une recolonisation de zones dégradées (Maley, 1996; Braadbaart & Poole, 2008; Brncic et al., 2009). Même si l'histoire de l'évolution de la végétation des forêts de Yangambi, Yoko, Masako et Kole demeure inconnue jusqu'à ce jour, il est permis de se demander si ces forêts n'ont pas été fortement influencées par l'activité humaine. La présence de charbons de bois et de poteries dans les sols forestiers de la région de Kisangani constituerait un indice pertinent de l'occurrence de perturbations passées d'origine anthropique. La présente étude a pour objectif : i) de rechercher des indices de l'existence de perturbations anthropiques et/ou naturelles dans les forêts de la région de Kisangani par la recherche et le dénombrement de charbons de bois; ii) l'identification des familles végétales indicatrices dans les assemblages de charbons de bois à l'aide de leurs structures anatomiques; iii) la recherche et le dénombrement des poteries par site et par type de forêt.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

Le présent travail a été réalisé dans quatre sites de la région de Kisangani : Yangambi, Yoko, Masako et Kole. Selon la carte de Lebrun & Gilbert (1954), Maley (1996) et Lomba (2007), les sites retenus contiennent encore de grandes étendues de forêts sempervirentes, semi-décidues, secondaires jeunes et vieilles, jachères, etc.

2.2. Matériel

Parmi les matériels que nous avons utilisés, les plus importants sont : la tarière pédologique (foreuse d'Edelmann) pour sonder le sol, le GPS (Etrex Garmin) pour la prise de coordonnées géographiques, le microscope optique à lumière incidente pour les observations des charbons de bois sur les trois plans (transversal, radial et longitudinal) au M.R.A.C. à Tervuren (Belgique) et l' μ CT (*Computed microtomography*) pour la prise des images de charbons de bois.

Le protocole pédoanthracologique élaboré par Thinon (1992) et les critères suggérés par Carcaillet & Thinon (1996) et Delneuf & Thinon (1998) ont été appliqués dans notre étude. Une fosse de section carrée de 1,0 m de côté et de 1,4 m de profondeur est creusée par couche successive de 10 cm de profondeur sur un endroit plat (de préférence sur un plateau), tout en évitant les sols hydromorphes, les pentes et les endroits occupés par l'agriculture itinérante sur abattis-brûlis. Les charbons de bois visibles à l'œil nu sont collectés couche par couche, lavés, séchés, pesés (0,001 g) et conservés dans un sachet, à raison d'un sachet par niveau. Tous les objets (poteries) sont également récoltés et gardés à part. L'identification des critères anatomiques sur les images des charbons de bois s'est faite en référence aux critères IAWA (1989) et également par comparaison aux descriptions anatomiques consignées sur le site internet «insidewood.lib.ncsu.edu». Au total, nous avons creusé 14 fosses pédoanthracologiques dans quatre sites différents, dont 8 en forêts primaires et 6 en forêts secondaires :

- a) site de Kole : deux fosses en forêt primaire ;
- b) site de Masako : deux fosses en forêt primaire, deux fosses en forêt secondaire ;
- c) site de Yangambi : deux fosses en forêt primaire, deux fosses en forêt secondaire ;
- d) site de Yoko : deux fosses en forêt primaire et deux fosses en forêt secondaire.

2.3. Analyse des données

2.3.1. Anthracomasse spécifique

Nous avons rapporté la masse totale (mg) de charbons collectés par couche de 10 cm à la masse totale de terre sèche (kg) prélevée pour chaque couche correspondante, selon la méthodologie de Carcaillet & Thinon (1996) et Touflan & Talon (2008). Une moyenne a été établie par site (Figure 1). Elle est exprimée en mg.kg^{-1} et peut être calculée pour un taxon, une couche ou un profil. Il ressort de cette figure que les sols forestiers de tous les sites d'étude renferment des charbons de bois jusqu'à 100 cm de profondeur.

2.3.2. Identification botanique

Les charbons identifiés sont issus de deux sites et d'une couche par fosse. L'identification a été réalisée par la description anatomique des images μCT de ces charbons de bois en utilisant les critères IAWA (1989) ainsi que par la recherche des critères standardisés dans la base de données du site internet «insidewood.lib.ncsu.edu».

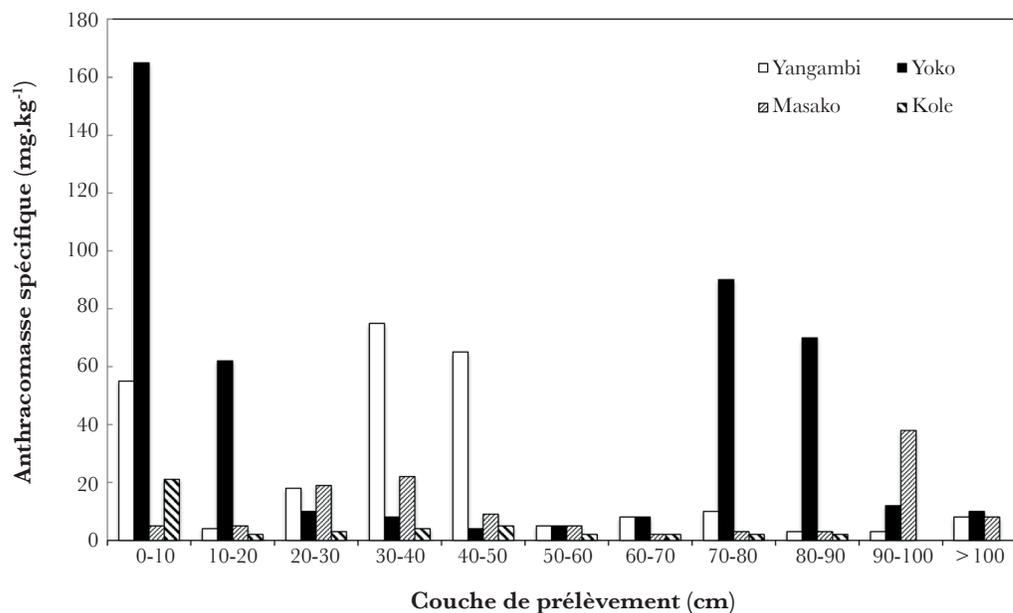


Figure 1. Moyenne par site d'étude de l'antracomasse spécifique pour chaque couche de prélèvement (figure reproduite sur base de l'originale).

3. Résultats

3.1. Description anatomique des charbons de bois

3.1.1. Charbon Yoko 1.8.1.

Ce charbon a été collecté dans le site de Yoko, dans la première fosse en forêt secondaire; c'est le premier charbon de la huitième couche. Les caractéristiques anatomiques répertoriées sur les images photographiques (μ CT) sont illustrées par la figure 2.

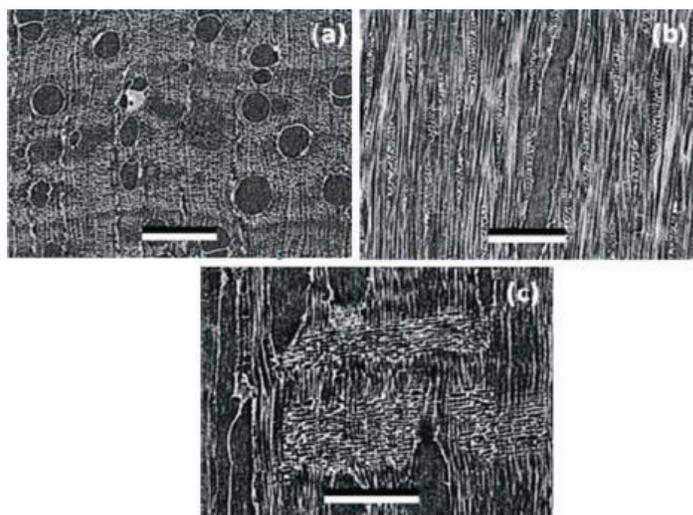


Figure 2. (a) Vue transversale du charbon Yoko 1.8.1; (b) Vue tangentielle et (c) Vue radiale. Échelle = 600 μ m.

Sur le plan transversal, les caractères anatomiques identifiés sont les suivants : limite de cernes de croissance indistincte ou absente, environ une trentaine de vaisseaux de 100-200 μm , forme de vaisseaux arrondie à ovale, vaisseaux isolés, certains accolés par deux, porosité diffuse, parenchyme axial paratrachéal, parenchyme axial aliforme. Sur le plan tangentiel : rayons de 1-3 cellules, ponctuations simples. Sur le plan radial : perforations simples et les cellules des rayons toutes couchées.

3.1.2. *Charbon Yoko 3.6.2*

Collecté dans le site de Yoko en forêt primaire, dans la troisième fosse, au sein de la sixième couche, il s'agit du deuxième charbon dans le classement (ordre de prélèvement). Les caractéristiques anatomiques répertoriées sur les images microtomographiques sont illustrées par la figure 3.

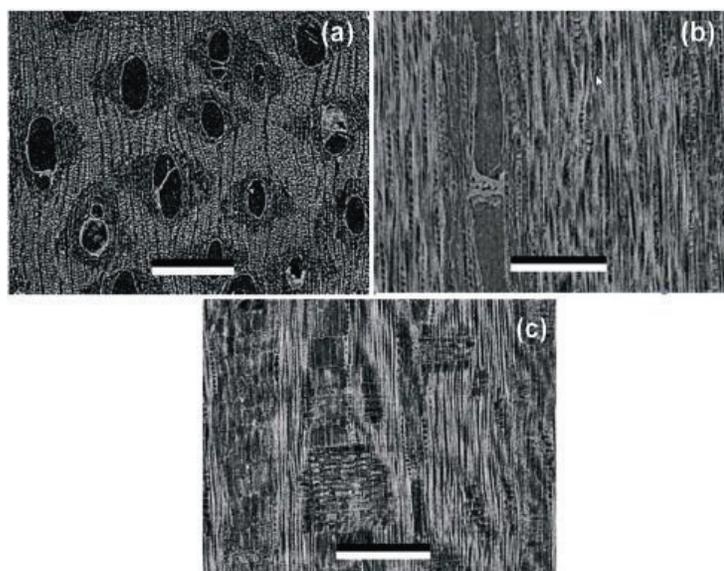


Figure 3. (a) Vue transversale du charbon Yoko 3.6.2; (b) Vue tangentielle et (c) Vue radiale. Échelle = 400 μm .

Sur le plan transversal, les caractères anatomiques identifiés sont les suivants : la limite de cernes de croissance est indistincte ou absente, environ une vingtaine de vaisseaux de 100-200 μm , vaisseaux de forme ovale à arrondie, vaisseaux accolés par deux, parenchyme axial paratrachéal, parenchyme axial aliforme, parenchyme axial aliforme en losange. Sur le plan tangentiel : rayons de 1-3 cellules. Sur le plan radial : perforations simples, cellules de rayons couchées avec une rangée de cellules terminales carrées ou dressées.

3.1.3. *Charbon Yangambi 3.4.2*

Ce charbon provient de la troisième fosse du site de Yangambi. Il s'agit du deuxième charbon récolté au sein de la quatrième couche. Les caractéristiques anatomiques répertoriées sur ces images μCT sont illustrées par la figure 4.

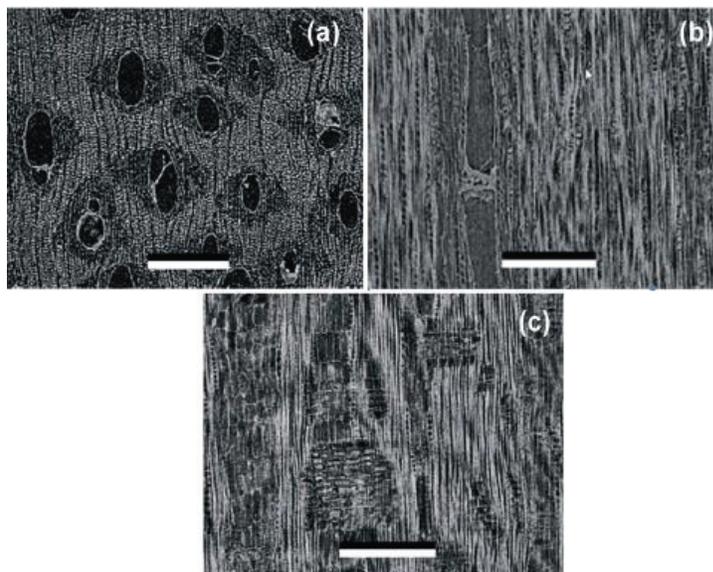


Figure 4. (a) Vue transversale du charbon Yangambi 3.4.2; (b) Vue tangentielle et (c) Vue radiale. Échelle = 400 μm .

Sur le plan transversal, les caractères anatomiques identifiés sont les suivants : limite de cernes de croissance indistincte ou absente, environ une vingtaine de vaisseaux de 100-200 μm , vaisseaux de forme arrondie, vaisseaux accolés par deux, porosité diffuse, parenchyme axial aliforme, parenchyme aliforme en losange. Sur le plan tangentiel : rayons de 1-3 cellules. Sur le plan radial : cellules de rayons couchées avec une rangée terminale de cellules dressées et des perforations simples.

3.2. Familles identifiées

L'identification des familles a été faite à partir des caractères anatomiques énumérés ci-dessus et par comparaison avec les critères de la base de données d'*Inside Wood*. Les résultats sont présentés dans le tableau 1. Il ressort de l'analyse que les trois charbons de bois identifiés sont de la famille des Fabaceae, sous-famille des Caesalpinioideae (caractérisée par des vaisseaux de forme arrondie, accolés par deux ou trois, une porosité diffuse, un parenchyme axial paratrachéal, un parenchyme axial aliforme, un parenchyme aliforme en losange et/ou anastomosé, des rayons de 1-3 cellules de large, des cellules de rayons couchées avec une rangée terminale de cellules dressées, des perforations simples, etc.), quels que soient les sites et les types de forêts dont ils sont issus.

Tableau 1. Charbons de bois : familles identifiées. PC : profondeur de la couche; CC : classement du charbon.

Site	Type de forêt	Numéro de la fosse	PC (cm)	CC	Famille identifiée
Yangambi	Forêt secondaire	3	30-40	2	Fabaceae (Caesalpinioideae)
Yoko	Forêt secondaire	1	70-80	1	Fabaceae (Caesalpinioideae)
Yoko	Forêt primaire	3	50-60	2	Fabaceae (Caesalpinioideae)

La présence de poteries est observée à Yoko dans trois couches : une poterie entre 70-80 cm, une poterie entre 80-90 cm et une autre entre 10-20 cm, toutes en forêt secondaire. Des poteries ont aussi été trouvées à Yangambi dans deux couches, une entre 40-50 cm en forêt secondaire et une autre entre 70-80 cm de profondeur en forêt primaire, et à Kole dans une couche entre 20-30 cm de profondeur en forêt primaire. À Masako, aucune poterie n'a été récoltée. Ces fragments de poteries traduisent la présence d'activités humaines passées dans ces forêts.

4. Discussion

4.1. Anthracomasse spécifique

Nous avons mis en évidence la présence de charbons de bois dans les quatre sites de notre étude. Des anthracomasses spécifiques moyennes (mg.kg^{-1}) de types de forêts par site ont pu être calculées tel que présenté au tableau 2.

Tableau 2. Anthracomasse spécifique moyenne (mg.kg^{-1}) de types de forêts par site. FS = forêt secondaire, FP = forêt primaire.

Couche (cm)	Sites						
	Yangambi		Yoko		Masako		Kole
	FS	FP	FS	FP	FS	FP	FP
0-10	111,11	0,41	167,29	166,40	0,96	6,70	21,00
10-20	3,46	3,12	98,43	27,80	0,00	8,80	0,73
20-30	25,75	9,23	12,00	8,40	1,89	36,10	2,82
30-40	132,71	21,14	3,58	10,80	0,03	42,40	2,21
40-50	132,30	4,31	4,06	1,20	1,44	16,10	3,79
50-60	3,24	5,41	0,88	6,20	2,58	4,40	0,02
60-70	9,12	3,42	5,11	8,40	1,54	2,00	0,26
70-80	14,93	2,44	176,12	3,70	0,04	1,50	0,31
80-90	1,76	0,30	139,60	0,90	0,30	0,90	0,13
90-100	3,25	0,09	19,41	3,30	71,89	0,70	0,00
100-110	0,72	0,15	3,45	2,10	0,73	0,20	0,00
110-120	1,14	0,20	2,65	0,00	2,79	0,00	0,00
120-130	0,89	0,05	1,14	0,00	0,00	0,00	0,00
130-140	0,04	1,21	0,47	0,30	0,24	0,00	0,00
Écart-type	51,60	5,68	67,97	43,58	18,98	13,80	5,53

Les anthracomasses spécifiques moyennes (mg.kg^{-1}) les plus élevées sont celles de Yoko avec 167 mg.kg^{-1} et de Yangambi avec 133 mg.kg^{-1} . Les plus faibles sont celles de Masako et de Kole. Ces charbons de bois seraient le signe de perturbations anthropiques ou naturelles passées dans ces forêts. Ces résultats corroborent ceux trouvés par Hubau et al. (2012), à savoir 543 mg.kg^{-1} à Kisala Singa dans la réserve de biosphère de Luki (République démocratique du Congo).

4.2. Identification botanique

Bien que cette étude ne porte que sur trois charbons de bois appartenant à la famille des Fabaceae (sous-famille des Caesalpinioideae), cette famille a également été identifiée dans les travaux de Gruslin (2009) portant sur l'origine de la forêt du nord de la République démocratique du Congo. Cette même famille a été retrouvée dans des assemblages de charbons de bois récoltés par Cerisier (2009) au sud-est du Cameroun, mais elle est accompagnée par d'autres familles telles que les Ebenaceae, Euphorbiaceae, Moraceae, Meliaceae. Nos observations corroborent aussi les constats effectués par Hart et al. (1996) qui ont trouvé que la famille des Fabaceae était la plus abondante dans les collections de charbons de bois récoltés à Epulu (Ituri, République démocratique du Congo). Hubau et al. (2013) ont également trouvé la même famille lors de leur étude de charbons de bois comme une archive naturelle pour le feu ancien et l'histoire de la végétation du Mayumbe, (Bas-Congo, République démocratique du Congo). Par ailleurs, Rolando & Roset (1991) identifièrent les Asclepiadaceae dans les assemblages de charbons de bois collectés de Tin Ouaffadene au Niger. Enfin, nous signalons que selon Leal (2004) les Fabaceae (sous-famille des Caesalpinioideae) constituent la famille des arbres typiquement les plus abondants et dominants de la forêt primaire de l'Afrique tropicale humide.

Les six fragments de poteries ont été prélevés dans trois sites sur quatre et dans 5 fosses sur un total de 14. Cerisier (2009) a établi un record en trouvant 144 fragments de poteries sur un total de quatre zones d'études au Cameroun. Les trois premières zones étaient riches en poteries, mais la quatrième en était dépourvue. Dans son étude de 2009, Gruslin fait remarquer que les poteries qu'il a récoltées constituent des indices archéologiques incontestables de la présence humaine dans chacune des parcelles concernées. Hubau et al. (2012), eux aussi, ont constaté que les poteries étaient présentes dans tous les sites d'étude et à différentes profondeurs dans le sol. Selon Waterbolk (1971), les poteries se retrouvent dans 85 % des cas en association dans le sol avec des charbons de bois et/ou des noix de palme. Le matériel retrouvé, ainsi associé, a de fortes probabilités de dater de la même époque que le charbon de bois. La présence humaine est souvent liée à la présence de noix de palme calcinées, de poteries et de charbons de bois, ce qui confirme l'évolution commune de ces éléments dans l'espace. L'ensemble de ces observations atteste la présence d'activités humaines passées dans les sites de notre étude. Ces forêts furent donc probablement habitées, ou tout au moins soumises à une exploitation dont l'intensité ne peut pas encore être déterminée.

5. Conclusions

L'objectif de cette étude consistait à rechercher des indices de l'existence de perturbations naturelles et/ou anthropiques passées dans les forêts de la région de Kisangani. Dans les sols de ces forêts, nous avons trouvé un grand nombre de charbons de bois et d'artefacts de populations humaines (poteries). Ces éléments constituent des preuves de perturbations (carbonisation volontaire et feux spontanés) qui se sont déroulées dans ces forêts à travers un passé dont il faut encore définir l'ordre de grandeur. Nos travaux corroborent les résultats d'études antérieures, comme Hart et al. (1996) et Hubau et al. (2013), indiquant que la famille des Fabaceae (sous-famille de Caesalpinioideae) est abondante et caractéristique de la forêt tropicale humide. En termes de perspectives de recherche, nous suggérons :

- que le travail d'identification des charbons récoltés se poursuive jusqu'au niveau de l'espèce pour appréhender la dynamique forestière ;
- que la datation de charbons de bois soit faite pour tenter de déterminer l'âge des espèces végétales récoltées et des perturbations associées, ainsi que d'estimer l'âge des forêts existantes dans lesquelles ces recherches ont été menées.

Bibliographie

- Braadbaart F. & Poole I., 2008. Morphological, chemical and physical changes during charcoalification of wood and its relevance to archaeological contexts. *J. Archaeol. Sci.*, **35**, 2434-2445.
- Brcic T. et al., 2009. Fire and climate change impacts on lowland forest composition in northern Congo during the last 2580 years from palaeoecological analyses of a seasonally flooded swamp. *The Holocene*, **19**(1), 79-89.
- Carcaillet C. & Thinon M., 1996. Pedaanthracological contribution to the evolution of the upper treeline in the Maurienne valley (North French Alps): methodology and preliminary data. *Rev. Palaeobot. Palyno.*, **9**, 399-416.
- Cerisier F., 2009. *Étude écologique et archéologique sur l'origine des peuplements de Pericopsis elata (Harms) Meeuwen (Assamela) des forêts semi-semiperviventes du sud-est du Cameroun*. Mémoire : Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, Belgique.
- 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.
- Gruslin D., 2009. *L'origine des forêts au nord de la République du Congo : une contribution archéo-anthracologique*. Mémoire : Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, Belgique.
- Hart T. et al., 1996. Changes in forest composition over the last 4000 years in the Ituri basin, Zaïre. In: Van der Maesen L.J.G., Van der Burgt X.M. & Van Medenbach-de Rooy J.M. (eds). *The biodiversity of African plants*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
- Hubau W. et al., 2012. Charcoal identification in species-rich biomes: a protocol for Central Africa optimised for the Mayumbe forest. *Rev. Palaeobot. Palyno.*, **171**, 164-178.
- Hubau W. et al., 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.

- IAWA, 1989. List of microscopic features for hardwood identification: with an appendix on non-anatomical information. *IAWA Bull.*, **10**(3), 221-332.
- Leal M., 2004. *The African rain forest during the Last Glacial Maximum, an archipelago of forests in a sea of grass*. Ph.D. thesis: Wageningen Universiteit, The Netherlands.
- Lebrun J. & Gilbert G., 1954. Une classification écologique des forêts du Congo. *Publ. INEAC, Série Sc.*, **63**, 89 p.
- Lomba B., 2007. *Contribution à l'étude de la phytodiversité de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, R.D. Congo)*. DES : Université de Kisangani, République démocratique du Congo.
- 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. (eds). *The biodiversity of African plants*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic, 519-535.
- Rolando C. & Roset J., 1991. Première approche par l'analyse anthracologique de la végétation de Tin Ouaffadene (gisement archéologique de l'Holocène ancien, Niger nord-oriental). *Géodynamique*, **6**(1), 87-91.
- Schwartz D. et al., 1999. Les savanes intraforestières du Congo : une végétation spécifique de l'Holocène Supérieur. *Actes 2^e Symp. Palynology Africaine, Kigali, Rwanda, juillet 1994*.
- Senterre B., 2005. *Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale*. Thèse de doctorat : Université libre de Bruxelles, Belgique.
- Thinon M., 1978. La pédoanthracologie : une nouvelle méthode d'analyse phytochronologique depuis le néolithique. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **287**, série D, 1 203-1 206, 1-45.
- 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.
- Vande Weghe J., 2004. *Forêts d'Afrique centrale. La nature et l'homme*. Tielt, Belgique : Lannoo.
- Waterbolk H., 1971. Working with radiocarbons dates. *P. Prehist. Soc.*, **37**(2), 15-33.