

Chapitre 7

Perspectives de reconstitution historique de la flore de la réserve forestière de Yoko à travers l'analyse de l'antracomasse de ses sols

John TSHIBAMBA MUKENDI, Wannès HUBAU, Jean Pierre Pitchou MENIKO TO HULU, Honorine NTAHOBAVUKA, Faustin BOYEMBA BOSELA, Hans BEECKMAN & Charles DE CANNIÈRE

Bien qu'encore peu nombreuses pour la forêt tropicale dense humide de l'Afrique centrale, les recherches d'indices de perturbation forestière fournissent de précieuses informations sur la dynamique forestière et l'utilisation passée des écosystèmes forestiers. Par conséquent, l'objectif principal de ce chapitre est une première évaluation pédoanthracologique des différents types de forêts en Afrique centrale, en se concentrant sur la présence des charbons de bois anciens en termes d'antracomasse. Des puits anthracologiques ont été creusés dans chaque zone des forêts inventoriées (huit zones, quatre types forestiers). Les résultats montrent que le sol de la réserve forestière de Yoko est riche en charbons de bois puisque 39 des 40 profils sondés contiennent des charbons, dans lesquels 51,5 % des couches en contiennent, principalement entre 0 et 50 cm de profondeur. L'antracomasse totale récoltée dans la réserve est de 3 358 g, avec une antracomasse spécifique moyenne par couche de 60,9 mg.kg⁻¹. Parmi les quatre types de forêts inventoriées, la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J.Léonard pourrait avoir été plus perturbée, car l'antracomasse totale récoltée y est de 1 167 g. Viendraient ensuite le peuplement à *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen (1 069 g) et la forêt à Marantaceae (711 g). La forêt mixte semi-décidue à *Scorodophloeus zenkeri* Harms serait celle qui a subi le moins de perturbations (409 g). Par ailleurs, le peuplement à *P. elata* enregistre l'antracomasse spécifique par niveau la plus élevée (3 120,9 mg.kg⁻¹), suivie de la forêt à Marantaceae (1 554,0 mg.kg⁻¹), de la forêt à *G. dewevrei* (1 324,7 mg.kg⁻¹) et de la forêt mixte semi-décidue à *S. zenkeri* (979,4 mg.kg⁻¹). Ces résultats suggèrent que ces différents types de forêts n'ont pas nécessairement la même histoire de perturbations. Les traces de feux anciens remontent jusqu'aux deux derniers millénaires, et leur chronologie se répartit en trois périodes : une période récente (25 à 430 cal yr BP), une période intermédiaire (680 à 1 195 cal yr BP) et une période plus ancienne (1 235 à 2 300 cal yr BP). En outre, des tessons de poteries ont été collectés dans plusieurs fosses. L'ensemble de ces indices montrent à suffisance 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. Ce sont ces perturbations qui ont vraisemblablement conduit à l'installation de la flore actuelle. La présence de poteries suggère que quelques feux pourraient avoir une origine anthropique.

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).

Perspectives on the historic reconstruction of the flora of the forest Reserve of Yoko through an analysis of the anthracomass of its soils

The use of paleobotanical proxies for reconstructing past forest perturbations and forest use has proven worthwhile in temperate and arid regions. However, it has barely been applied in tropical contexts such as Central Africa. Therefore, the main goal of this chapter is a first pedoanthracological assessment of different forest types in Central Africa, focusing on the presence of ancient charcoal fragments in terms of anthracomass. We excavated pedoanthracological profiles in each of the inventoried forest blocks (eight areas, four forest types). Results show that soils under the forest Reserve of Yoko are incredibly rich in charcoal as 39 out of 40 excavated test pits contained charcoal. In these pits, 51.5% of the 10 cm-layers contained charcoal. These charcoal-rich layers are mainly located in the top 50 cm. All the 40 test pits together yielded a total anthracomass of 3,358 g, with an average specific anthracomass of 60.9 mg.kg⁻¹. Amongst the four inventoried forest types in the Yoko Reserve, monodominant stands of *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J.Léonard yielded most anthracomass (1,167 g), followed by *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen stands (1,069 g) and Maranthaceae forests (711 g). Mixed semi-deciduous old-growth forest dominated by *Scorodophloeus zenkeri* Harms yielded the smallest total amount of charcoal (409 g). Furthermore, *P. elata* stands show the highest specific anthracomass per layer (3,121 mg.kg⁻¹), followed by the Maranthaceae forest (1,554 mg.kg⁻¹), and finally by the old-growth forests characterized by *G. dewevrei* (1,325 mg.kg⁻¹) or *S. zenkeri* (979 mg.kg⁻¹). These results suggest that different forest types did not necessarily undergo the same perturbation history. 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. Furthermore, pottery fragments were collected in several profiles. Anthracomass and radiocarbon dating results show that the forest Reserve of Yoko probably underwent anthropogenic perturbations during the last two millennia, and more intensely during the last 500 years. These perturbations were probably at the origin of present-day forest composition. Pottery presence in some of the profiles also suggest that some fire events had an anthropogenic origin.

1. Introduction

Les perturbations que subissent les écosystèmes forestiers tropicaux sont les conséquences d'événements naturels ou d'activités humaines (Florence, 1981 ; Cordonnier 2004). Les paysages forestiers actuels ont été façonnés par d'importantes perturbations passées et en grande partie d'origine anthropique (Pons & Thinon, 1987 ; Brncic et al., 2009).

Les activités humaines et les événements naturels au sein des massifs forestiers sont mis en évidence par divers indices paléoenvironnementaux (Talon et al., 2005 ; Touflan & Talon, 2008), constitués notamment de charbons de bois, de tessons de poteries, de pierres taillées, de vestiges de forges, etc. Ces vestiges sont bien retrouvés dans les sols des zones forestières qui jusqu'à pratiquement aujourd'hui étaient supposées totalement exemptes de traces humaines (Talon 1997 ; Brncic et al., 2006). Bien qu'encore peu nombreuses pour l'Afrique centrale, les études de ces indices paléoenvironnementaux fournissent actuellement des informations inédites sur la dynamique forestière et l'utilisation passée des écosystèmes forestiers (Puig, 2001) et permettent de retracer la chronologie de la distribution des espèces végétales dans

la région (Schwartz, 1992). Il apparaît de plus en plus clairement que les pratiques humaines en forêt ne doivent pas être sous-estimées, car la présence de l'homme est attestée de longue date par de nombreux vestiges archéologiques, y compris au cœur des grands massifs forestiers comme l'Amazonie ou le bassin du Congo (Hébert, 2001). Comme l'ont montré plusieurs auteurs, ce sont les travaux agricoles qui sont souvent concernés, en l'occurrence l'agriculture itinérante sur brûlis, la récolte du miel par fumage, les feux incontrôlés, le feu pastoral, etc. Les travaux forestiers sont également impliqués, avec le brûlage des rémanents après coupe. Puig (2001) et Brncic et al. (2009) signalent également la carbonisation, la chasse en battue, la construction de campements, les feux de jardin et de cuisson à proximité des logements.

Selon Scott (2000), les activités humaines laissent dans le sol forestier de grandes quantités de charbons de bois. Elles représentent globalement l'essentiel des origines de feux en forêt. L'utilisation du feu dans l'espace forestier génère du charbon de bois qui est progressivement enfoui dans le sol et qui, en définitive, constitue une banque de données utiles aux anthracologues pour le suivi des changements de la végétation (Clark et al., 1989). Tshibamba et al. (2013) estiment que les charbons de bois présents dans les sols forestiers constituent un indice irréfutable des perturbations forestières passées, qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique. Les charbons de bois doivent donc être considérés comme de véritables marqueurs écologiques, des témoignages paléoécologiques indispensables pour l'étude de la dynamique de la végétation forestière (Ehrlich, 1996; Norton, 1996; Talon et al., 1998). Dans le même ordre d'idées, Hubau et al. (2013) soulignent l'intérêt de l'exploration des charbons de bois dans les sols forestiers, car ils représentent une archive naturelle des feux anciens et donc de l'histoire de la végétation. Thinon (1978; 1992) et Talon et al. (1998) ont montré que l'analyse des charbons de bois extraits des sols forestiers (anthracologie) permet d'envisager la reconstitution de la dynamique de la végétation passée. Elle permet aussi d'apporter de précieux renseignements sur les variations locales de la végétation ligneuse au cours du temps (Carcaillet & Thinon, 1996; Talon, 1997). Pour la période de l'Holocène, l'analyse des perturbations générées par les activités anthropiques ou naturelles est essentielle pour comprendre les processus écologiques qui ont contribué à la dynamique de la végétation (Talon et al., 1998; Thinon & Talon, 1998). 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 *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen, une espèce héliophile considérée comme indicatrice des zones forestières perturbées (Boyemba, 2011) et des forêts à Marantaceae, une formation végétale de stade intermédiaire entre la forêt pionnière et la forêt mature (White, 1992).

Le présent chapitre cherche à vérifier si des indices de perturbations forestières passées survenues dans la réserve forestière de Yoko devraient être présents dans les sols de cette réserve. De même, leur quantification couplée à une datation pourrait révéler une chronologie des perturbations forestières qui auraient conduit à l'installation des formations végétales actuelles. L'objectif de la présente étude est donc de rechercher des indices pédoanthracologiques susceptibles de mettre en évidence les perturbations forestières survenues et d'établir leur chronologie dans la réserve forestière de Yoko.

Plus globalement, ce travail s'inscrit dans l'étude de la dynamique de la végétation ligneuse de la forêt dense humide d'Afrique centrale.

2. Matériel et méthodes

2.1. Collecte des données

Les données ont été collectées dans quatre types forestiers dominants de la forêt tropicale humide de Yoko en République démocratique du Congo. Les caractéristiques écologiques des sites d'étude sont décrites dans Tshibamba (2015). Au total, 40 fosses pédoanthracologiques ont été creusées par couche de 10 cm d'épaisseur et analysées. Tshibamba (2015) donne les détails des différentes démarches à propos de la collecte des données.

2.2. Analyses des données pédoanthracologiques

En ce qui concerne l'anthracomasse, les détails des différentes étapes d'analyse des données pédoanthracologiques qui nous ont permis d'obtenir les résultats d'anthracomasse spécifique présentés dans le présent chapitre sont donnés dans Tshibamba (2015). Pour la collecte d'artefacts, de même que pour les charbons de bois, les tessons de poterie collectés dans une couche donnée de sol sont comptés et mesurés. Ils sont subdivisés en deux classes (≥ 2 cm et < 2 cm). Le protocole pour le choix des fragments de charbons de bois sélectionnés pour l'analyse au radiocarbone, de la méthode de datation et de calibrage des dates ^{14}C de l'année BP (*Before Present* = année avant le présent) en année calibrée à 95 % d'intervalle de confiance (2σ cal yr BP), est également repris dans Tshibamba (2015).

3. Résultats

3.1. Anthracomasse spécifique et anthracomasse spécifique par profil

Au total, 206 couches de sol contiennent du charbon de bois, ce qui représente 51,5% des couches de sol sondées, avec une moyenne de 5,1 couches par fosse. Contiennent ainsi du charbon de bois, 48 couches dans le peuplement de *P. elata*, 61 couches dans la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J.Léonard, 45 couches dans la forêt à Marantaceae et 52 couches dans la forêt mixte semi-décidue à *Scorodophloeus zenkeri* Harms. L'anthracomasse spécifique par profil (ASP) totale est de 3 358 g. L'anthracomasse spécifique par niveau (ASN) varie entre 0,1 et 1 554,0 mg.kg⁻¹, avec une moyenne de 60,9 mg.kg⁻¹. Les figures 1, 2, 3 et 4 présentent les ASP des quatre types forestiers.

Dans le peuplement à *P. elata*, 48% en moyenne des couches de sol contiennent du charbon de bois (Figure 1). L'ASP totale est de 7 919,9 mg.kg⁻¹ avec donc une moyenne de $79,2 \pm 344,0$ mg.kg⁻¹ par couche. L'ASN varie entre 0,1 mg.kg⁻¹ et 3 120,9 mg.kg⁻¹, illustrée par les barres horizontales.

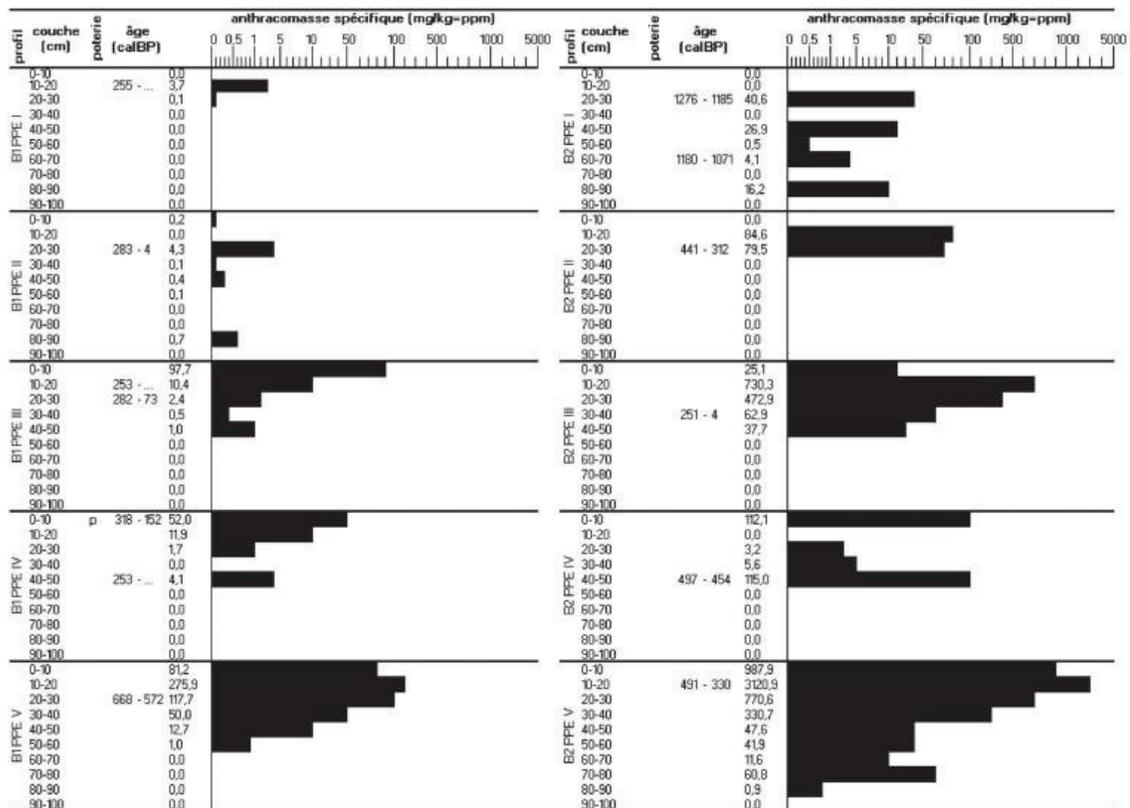


Figure 1. Anthracomasse spécifique par profil (mg.kg^{-1}) du peuplement à *P. elata*, réserve forestière de Yoko.

Dans la forêt à *G. dewevrei*, 61% des couches de sol contiennent du charbon de bois (Figure 2). L'ASP totale est de $8\,205,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ correspondant à une moyenne de $82,1 \pm 244,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ par couche. L'ASN varie entre $0,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ et $1\,324,7 \text{ mg.kg}^{-1}$, illustrée par les barres horizontales. Dans la forêt à Marantaceae, 45% des couches de sol contiennent du charbon de bois (Figure 3). L'ASP totale est de $5\,243,4 \text{ mg.kg}^{-1}$, soit une moyenne de $52,4 \pm 234,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ par couche. L'ASN varie entre $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ et $1\,554,0 \text{ mg.kg}^{-1}$, illustrée par les barres horizontales. Dans la forêt mixte semi-décidue à *S. zenkeri*, 52% des couches de sol contiennent du charbon de bois (Figure 4). L'ASP totale est de $2\,982,8 \text{ mg.kg}^{-1}$, soit une moyenne de $29,82 \pm 114,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ par niveau. L'ASN varie entre $0,4$ et $979,4 \text{ mg.kg}^{-1}$, illustrée par les barres horizontales. La présence de charbons de bois à différentes profondeurs dans les sols de la réserve forestière de Yoko et les valeurs d'ASN, d'ASP et d'ASP totale enregistrées sont autant d'indices traduisant l'existence de perturbations passées.

3.2. Artefacts

Lors du creusement des fosses, 10 tessons de poterie de taille supérieure à 2 cm ont été trouvés parmi les charbons de bois (Figure 5) et à des niveaux différents de profondeur (Figures 1, 2, 3 et 4), soit 1 dans le peuplement à *P. elata* dans la fosse IV à 0-10 cm, 1 dans la forêt à *G. dewevrei* dans la fosse V à 20-30 cm, 3 dans la forêt à Marantaceae dans la fosse II à 20-30 cm et dans la fosse III à 40-50 cm, et 5 dans

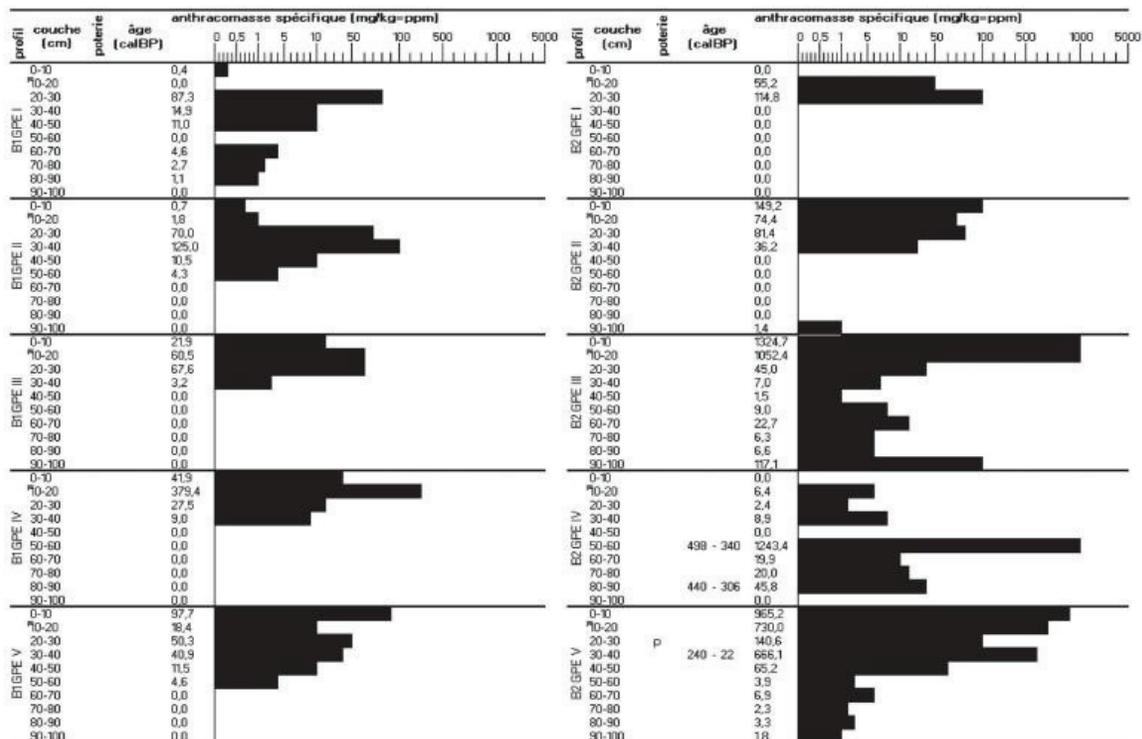


Figure 2. Anthracomasse spécifique par profil (mg.kg^{-1}) de la forêt à *G. dewevrei*, réserve forestière de Yoko.

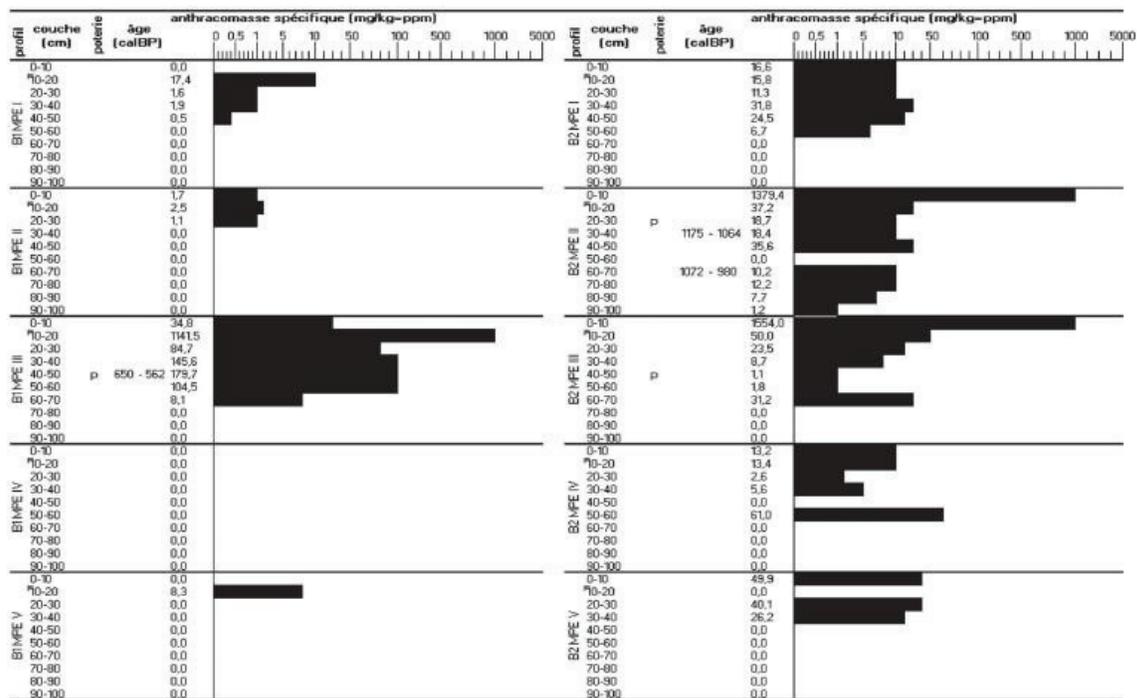


Figure 3. Anthracomasse spécifique par profil (mg.kg^{-1}) de la forêt à Marantaceae, réserve forestière de Yoko.

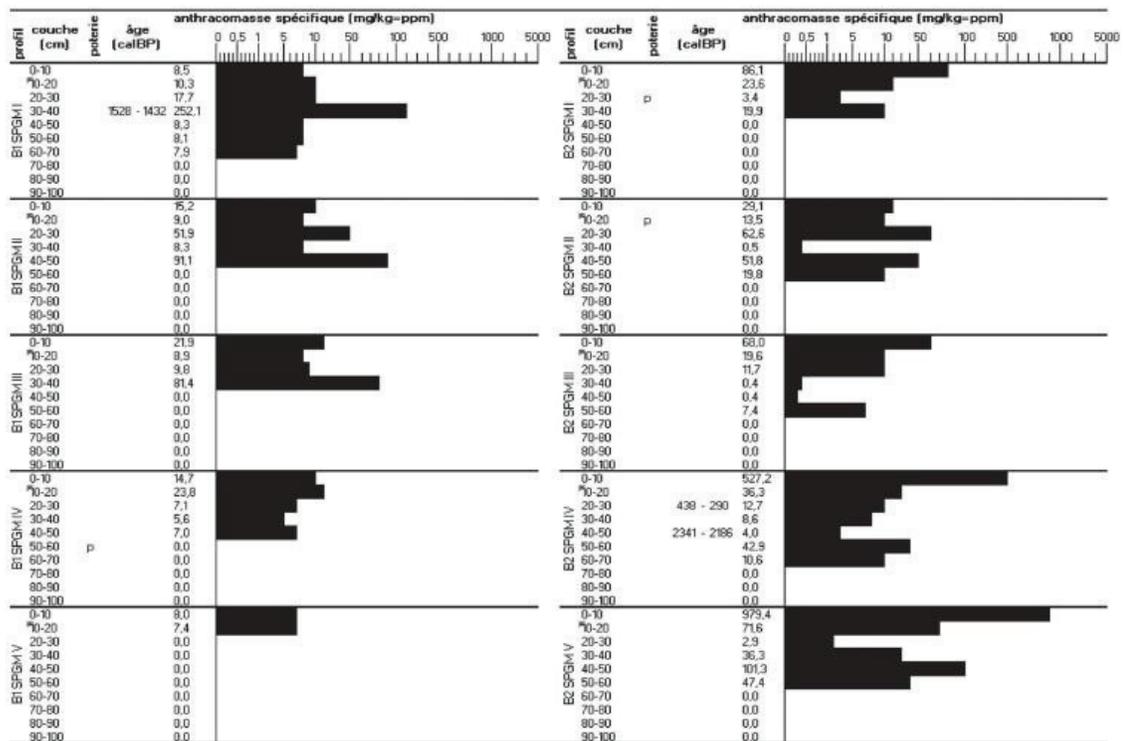


Figure 4. Anthracomasse spécifique par profil (mg.kg^{-1}) de la forêt mixte semi-décidue à *S. zenkeri*, réserve forestière de Yoko.

la forêt mixte semi-décidue à *S. zenkeri* dans la fosse I à 20-30 cm, dans la fosse II à 10-20 cm et dans la fosse IV à 40-50 cm.

Ces objets constituent des témoignages paléoécologiques de l'occupation des forêts de la réserve de Yoko par des populations, ce qui renforcerait l'hypothèse de l'origine anthropique des perturbations, sans exclure toutefois leur origine naturelle.



Figure 5. Tessons de poteries collectés dans les différents types forestiers. (a) Forêt à Marantaceae, fosse III à 40-50 cm de profondeur; (b) Forêt à *G. dewevrei*, fosse V à 20-30 cm de profondeur; (c) Forêt mixte semi-décidue à *S. zenkeri*, fosse I entre 20-30 cm de profondeur; (d) Peuplement à *P. elata*, fosse IV entre 0-10 cm de profondeur. Réserve forestière de Yoko, République démocratique du Congo.

3.3. Analyse radiocarbone

Les résultats de l'analyse radiocarbone des fragments de charbons de bois sont présentés au tableau 1. Un regroupement de ces intervalles de dates en cinq phases peut être effectué pour retracer la chronologie des feux anciens à l'origine des perturbations forestières. La première phase regroupe six intervalles de dates : 0-253 calyr BP, 22-240 calyr BP, 4-251 calyr BP, 0-255 calyr BP, 73-282 calyr BP et 4-283 calyr BP. La deuxième phase regroupe également sept intervalles de dates : 152-318 calyr BP, 290-438 calyr BP, 306-440 calyr BP, 312-441 calyr BP, 330-491 calyr BP, 454-497 calyr BP et 340-498 calyr BP. La troisième phase regroupe les intervalles 562-650 calyr BP et 572-668 calyr BP. La quatrième phase regroupe quatre intervalles de dates : 980-1 072 calyr BP, 1 064-1 175 calyr BP, 1 071-1 180 calyr BP et 1 185-1 276 calyr BP. Enfin, la cinquième phase regroupe les intervalles 1 432-1 528 calyr BP et 2 186-2 341 calyr BP. Cette chronologie fait donc apparaître des perturbations survenues jusqu'il y a plus de deux mille ans.

Tableau 1. Datation radiocarbone des fragments des charbons de bois. B1 : bloc 1; BE : bloc 2; PPE : peuplement à *P. elata*; GPE : forêt à *G. dewevrei*; MPE : forêt à Marantaceae; SPGM : forêt semi-décidue à *S. zenkeri*; n° de la fosse-profondeur-n° de l'échantillon. Réserve forestière de Yoko, République démocratique du Congo.

Identité de fragment	Code lab.	Âge ¹⁴ C calyr BP	Âge ¹⁴ C à 95 % (2σ calyr BP)
B2 GPE V 30-40-3	Poz-54202	115 ± 25	22-240
B2 PPE III 30-40-22	Poz-63716	140 ± 30	4-251
B1 PPE III 10-20-2	Poz-63705	145 ± 30	0-253
B1 PPE IV 40-50-4	Poz-63708	145 ± 35	0-253
B1 PPE I 10-20-2	Poz-63711	150 ± 30	0-255
B1 PPE III 20-30-7	Poz-63706	195 ± 30	73-282
B1 PPE II 20-30-1	Poz-63704	195 ± 35	4-283
B1 PPE IV 0-10-2	Poz-63707	270 ± 40	152-318
B2 SPGMIV 20-30	Poz-63721	305 ± 30	290-438
B2 GPE IV 80-90-1	Poz-54204	330 ± 25	306-440
B2 PPE II 20-30-6	Poz-63715	340 ± 30	312-441
B2 PPE V 10-20-5	Poz-54201	400 ± 30	330-491
B2 PPE IV 40-50-14	Poz-54200	430 ± 25	454-497
B2 GPE IV 50-60-8	Poz-54203	430 ± 30	340-498
B1 MPE III 40-50-3	Poz-63717	680 ± 30	562-650
B1 PPE V 20-30-20	Poz-63710	730 ± 30	572-668
B1 SPGM I 30-40-2	Poz-63720	1 635 ± 30	1 432-1 528
B2 MPE II 60-70-7	Poz-63719	1 195 ± 30	980-1 072
B2 MPE II 30-40-4	Poz-63718	1 235 ± 30	1 064-1 175
B2 PPE I 60-70-2	Poz-63714	1 260 ± 40	1 071-1 180
B2 PPE I 20-30-17	Poz-63712	1 350 ± 30	1 185-1 276
B2 SPGM IV 40-50-1	Poz-63722	2 300 ± 30	2 186-2 341

4. Discussion

4.1. L'antracomasse spécifique, un indice de perturbations forestières

Les charbons de bois sont trouvés à différentes profondeurs dans les sols de la réserve forestière de Yoko. Dans la plupart des cas, ils se situent dans les cinq premières couches des fosses, entre 0 et 50 cm de profondeur. Dans l'ensemble, 51,5% des couches sondées contiennent du charbon de bois, soit 206 couches sur les 400 analysées, avec une ASP totale de 3 358 g et une moyenne de 60,9 mg.kg⁻¹ par couche. Cette valeur d'antracomasse spécifique moyenne (60,9 mg.kg⁻¹) obtenue dans la réserve forestière de Yoko est supérieure à celles obtenues par Tshibamba et al. (2013) en forêts secondaires de la réserve de biosphère de Yangambi (31,5 mg.kg⁻¹) et de la réserve forestière de Masako (19,0 mg.kg⁻¹). Ceci souligne l'ampleur des perturbations forestières qu'aurait subie la végétation ligneuse de la réserve forestière de Yoko.

La forêt à *G. dewevrei* enregistre à la fois les valeurs d'ASP totale et celles d'ASP supérieures aux autres types forestiers, soit 8 205,8 mg.kg⁻¹, avec une moyenne de 82,1 mg.kg⁻¹ par couche. De telles valeurs d'antracomasse spécifique sont l'expression de feux ponctuels importants passés dans les zones forestières occupées par la forêt actuelle à *G. dewevrei*, considérée bien souvent comme une formation forestière mature et stable. En effet, 7 des 10 fosses montrent des quantités de charbons de bois légèrement supérieures à celles du peuplement à *P. elata* (7 919,9 mg.kg⁻¹ avec une moyenne de 79,2 mg.kg⁻¹ par couche), mais nettement supérieures à celles de la forêt à Marantaceae (5 243,4 mg.kg⁻¹ avec une moyenne de 52,4 mg.kg⁻¹ par couche) et à celles de la forêt mixte semi-décidue à *S. zenkeri* (2 982,8 mg.kg⁻¹ avec une moyenne de 29,8 mg.kg⁻¹ par couche). Ceci pourrait expliquer l'ampleur des perturbations forestières d'origine anthropique entre les types forestiers évoluant dans le même écosystème forestier.

Par comparaison avec les données de la littérature (Talon, 1997 ; Carcaillet, 2001), de telles valeurs d'antracomasse spécifique sont l'expression de la richesse des sols de la réserve de Yoko en charbons de bois. L'accumulation plus marquée entre 0 et 50 cm de profondeur peut être mise en relation avec les datations ¹⁴C situées entre 0 et 500 calyr BP, ce qui traduirait une phase récente de perturbations forestières. Ces résultats corroborent ceux de Vleminckx et al. (2014) qui ont mis en évidence des quantités abondantes de charbons de bois entre 20 et 60 cm de profondeur dans des sols forestiers du Cameroun, avec une proportion variant de 73 à 94% entre 0 et 20 cm de profondeur. Gruslin (2009) a également observé des nombres élevés de fragments de charbons de bois entre 0 et 50 cm de profondeur dans les forêts du nord de la République démocratique du Congo. De même, Hubau et al. (2013 ; 2014) ont trouvé des accumulations de charbons de bois entre 0 et 60 cm de profondeur avec une ASP de 543,1 mg.kg⁻¹ à Kisala Singa dans la forêt de Mayombe en République démocratique du Congo.

En ce qui concerne la réserve forestière de Yoko, il est donc permis de penser que la présence de telles quantités de charbons de bois serait la conséquence des activités humaines touchant plus particulièrement la strate arborée.

4.2. Les artefacts, des vestiges de l'occupation humaine de l'espace forestier

Dix tessons de poteries ont été collectés à différentes profondeurs dans le sol des quatre types forestiers. Leur présence constitue une preuve de l'occupation humaine dans la réserve de Yoko et renforce l'hypothèse des perturbations passées d'origine anthropique. Notons que Waterbolk (1971) a pu montrer que lorsqu'elles sont présentes dans un sol forestier, les poteries se retrouvent dans 85 % des cas mélangées avec des charbons de bois et/ou des noix de palme. Elles ont donc de fortes probabilités de dater de la même époque que le charbon de bois. 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 Mayombe (Hubau, 2013) et de la forêt du nord du Cameroun (Morin-Rivat et al., 2014).

4.3. La chronologie des feux anciens retrace l'histoire des perturbations forestières

La chronologie des feux anciens obtenue par l'analyse radiocarbone des fragments de charbons de bois est présentée à la figure 6.

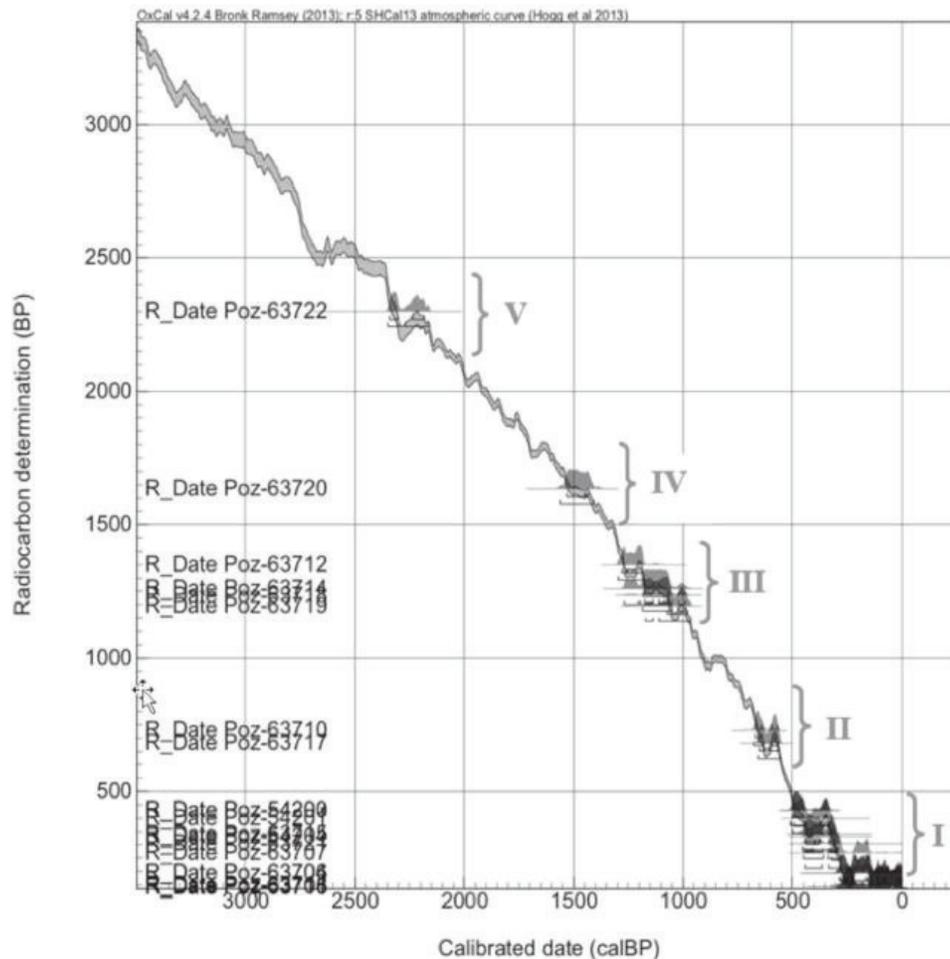


Figure 6. Chronologie des phases des feux anciens ($n = 22$ dates); âge récent = phases I et II; âge intermédiaire = phases III et IV; âge ancien = phase V. Le programme OxCal v 4.2.4 a été utilisé pour la calibration de l'âge ^{14}C BP en âge ^{14}C calBP.

Considérant l'intervalle chronologique de 500 cal yr BP, les cinq phases de feu détectées (I, II, III, IV, V) peuvent être regroupées en trois grandes périodes de feux anciens, remontant jusqu'à plus de deux millénaires ($2\,300 \pm 30$ cal yr BP). Nous distinguons ainsi l'âge récent avec 14 dates allant de 0 à 498 cal yr BP, l'âge intermédiaire avec 3 dates allant de 562 à 1064 cal yr BP et l'âge ancien avec 5 dates allant de 1071 à 2341 cal yr BP. Par ailleurs, les dates obtenues dans le peuplement à *P. elata* et dans la forêt à *G. dewevrei* sont plus rapprochées (phases I, II, III), sauf quelques rares cas et bien que les charbons de bois datés proviennent de profondeurs différentes. Contrairement à la forêt mixte semi-décidue à *S. zenkeri* et à la forêt à Marantaceae, il semble que, dans le peuplement à *P. elata* et dans la forêt à *G. dewevrei*, une homogénéisation des profils

ait pu avoir lieu. Cette homogénéisation peut avoir pour cause un remaniement du sol d'origines diverses, telles que des éboulements, des actions humaines et/ou de la pédofaune (Brown & Martel, 1981 ; Talon et al., 2005).

À l'instar des résultats d'autres chercheurs, les phases chronologiques obtenues remontant au-delà des deux derniers millénaires (jusqu'à $2\,300 \pm 30$ cal yr BP) reflèteraient la succession des perturbations qui aurait conduit à l'installation de la flore actuelle. Vleminckx et al. (2014) obtiennent également une chronologie en trois périodes pour une forêt du Cameroun, avec une période récente allant de 80 à 860 cal yr BP, une période ancienne allant de 1 500 à 2 200 cal yr BP et une autre période nettement plus reculée que les autres (9 400 cal yr BP). De même, avec 41 dates, Morin-Rivat et al. (2014) ont établi une chronologie des feux anciens dans une forêt du nord du Cameroun et ont identifié quatre périodes correspondant en grande partie à nos résultats : une période ancienne avec des dates supérieures à 2 300 cal yr BP (4 610 cal yr BP à 12 620 cal yr BP), deux périodes intermédiaires avec des dates respectivement de 2 300 à 1 300 cal yr BP et de 1 300 à 670 cal yr BP, et enfin une quatrième période, la plus récente, avec des dates inférieures à 670 cal yr BP. Il convient aussi de signaler que pour la forêt de Mayumbe en République démocratique du Congo, Hubau (2013) et Hubau et al. (2015) obtiennent une chronologie en trois périodes : la première, dite récente (504 à 607 cal yr BP), coïncide avec les dates de notre âge récent, la deuxième correspondant approximativement à notre âge ancien (1 544 à 2 308 cal yr BP) et, par ailleurs, une troisième période avec des dates supérieures à 4 350 cal yr BP. Ceci serait dû à la richesse du profil en charbon de bois dans les couches profondes du sol et au nombre de fragments datés dans le profil.

Notons enfin que nos résultats se différencient quelque peu de la chronologie en trois périodes établie par Tovar et al. (2014) à l'aide de carottes de sédiments prélevées dans la forêt de plaine du nord-ouest de la République démocratique du Congo. Dans cette étude, la période la plus ancienne va de 1 100 à 500 cal yr BP, la période intermédiaire va de 500 à 300 cal yr BP, et la plus récente, marquée par un pic de charbons de bois, s'étend de 0 à 300 cal yr BP.

5. Conclusions

Le sol de la réserve forestière de Yoko renferme du charbon de bois à différents niveaux de profondeur, ce qui témoigne de l'occurrence de perturbations forestières passées. Les valeurs d'ASP observées soutiennent l'idée de l'origine anthropique de ces perturbations, idée renforcée par la découverte de tessons de poterie parmi les fragments de charbons de bois, et ce, à des profondeurs différentes dans le sol. Même si la composante naturelle de l'origine des perturbations ne peut pas être négligée, les tessons de poterie apportent un solide témoignage paléoécologique de l'occupation humaine dans cet écosystème forestier, considéré souvent, et à tort, comme peu exposé à la présence humaine passée.

L'analyse radiocarbone révèle une chronologie des feux anciens répartis en cinq phases qui sont regroupées en trois âges, et qui remontent au-delà des deux derniers

millénaires (jusqu'à $2\,300 \pm 30$ cal yr BP). Globalement, en allant de la période la plus récente à la plus ancienne, notre analyse met en évidence des feux et donc des perturbations qui se sont produites durant une période très récente, puisqu'elle s'étend de 0 à 498 cal yr BP. Viennent ensuite des perturbations qui ont eu lieu durant une période intermédiaire allant de 562 à 1 072 cal yr BP, et enfin des perturbations plus anciennes qui se sont produites entre 1 064 et 2 341 cal yr BP.

L'ensemble des indices collectés et analysés montrent à suffisance que la forêt tropicale humide de la réserve de Yoko a subi des perturbations, notamment anthropiques, au cours des deux derniers millénaires. Ces perturbations ont refaçonné la végétation et sont donc en grande partie responsables de sa configuration et de sa composition actuelles. Dans ce contexte, l'analyse anatomique des échantillons de charbons de bois offre une opportunité de développer nos connaissances sur la dynamique de la végétation ligneuse dans les forêts denses humides de l'Afrique centrale.

Bibliographie

- 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.
- Brcic T.M., Willis K.J., Harris D.J. & Washington R., 2006. Culture or climate? The relative influences of past processes on the composition of the lowland Congo rainforest. *Philos. Trans. R. Soc. B-Biol. Sci.*, **362**, 229-242.
- Brcic T.M. 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.
- Brown J.L. & Martel Y., 1981. Intérêt des chablis dans l'étude des paléosols. *Géogr. Phys. Quat.*, **35**(1), 87-92.
- Carcaillet C., 2001. Are Holocene wood-charcoal fragments stratified in alpine and subalpine soils? Evidence from the Alps based on AMS ^{14}C dates. *The Holocene*, **11**, 231-241.
- Carcaillet C. & Thinon 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.
- 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.
- Ehrlich P.R., 1996. Conservation in temperate forests: what do we need to know and do? *For. Ecol. Manag.*, **85**, 9-19.
- Florence J., 1981. *Chablis et sylvigénèse dans une forêt dense humide sempervirente du Gabon*. Thèse de doctorat : Université Louis Pasteur, Strasbourg, France.
- 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.
- 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.
- 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., 2013. Ancient charcoal as a natural archive for palaeofire regime and vegetation change in the Mayumbe, Democratic Republic of the Congo. *Quat. Res.*, **80**, 326-340.
- 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.
- 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.
- Pons A. & Thinin M., 1987. The role of fire from palaeoecological data. *Ecol. Medit.*, **13**, 1-11.
- Puig H., 2001. *Forêt tropicale humide*. Paris : Édition Belin.
- Schwartz D., 1992. Assèchement climatique vers 3000 BP. et expansion Bantu en Afrique centrale atlantique : quelques réflexions. *Bull. Soc. Géol. France Orstrom*, **163**(3), 353-361.
- Scott A.C., 2000. The Pre-Quaternary history of fire. *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.*, **164**, 281-329.
- 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. & Thinin 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.
- Talon B., Payette S., Filion L. & Delwaide A., 2005. Reconstruction of the long-term fire history of an oldgrowth deciduous forest in Southern Québec, Canada, from charred wood in mineral soils. *Quat. Res.*, **64**, 36-43.
- Thinin M., 1978. La pédoanthracologie : une nouvelle méthode d'analyse phytochronologique depuis le néolithique. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **287**, série D, 1203-1246.
- Thinin M., 1992. *L'analyse pédo-anthracologique aspect méthodologique et applications*. Thèse de doctorat : Université d'Aix-Marseille III, France.
- Thinin M. & Talon B., 1998. Ampleur de l'anthropisation des étages supérieurs dans les Alpes du sud : Données pédo-anthracologiques. *Écologie*, **29**(1-2), 323-328.
- 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.
- Tovar C. et al., 2014. Influence of 1100 years of burning on the central African rainforest. *Ecography*, **37**, 1139-1148.
- 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.
- Vleminckx J. et al., 2014. Soil charcoal to assess the impacts of past human disturbances on tropical forests. *PLoS ONE*, **9**(11), 108-121.
- Waterbolk H.T., 1971. Working with radiocarbon dates. *Proc. Prehistory Soc.*, **37**(2), 15-33.
- White L.J.T., 1992. *Vegetation history and logging disturbance: effects on rain forest mammals in the Lopé Reserve, Gabon*. Ph.D. Thesis: University of Edinburgh, Scotland.