

**L'anthracothèque de Bordeaux : une collection de référence
pour l'identification taxonomique des charbons de bois
macrofossiles provenant des Landes de Gascogne et de leur
périphérie**

Guillaume DE LAFONTAINE *
[guillaume.delafontaine@gmail.com]

Carlos Alberto AMASIFUEN GUERRA *
[carlos.amasifuen@gmail.com]

&

Alexis DUCOUSSO *
[alexis.ducoussou@pierroton.inra.fr]

* INRA, UMR Biogeco, 69 route d'Arcachon, 33610, Cestas
Univ. Bordeaux 1, UMR 1202 BIOGECO, F-33400 Talence, France

Résumé - Les macrofossiles de charbon de bois enfouis dans le sol sont employés en paléoécologie pour étudier l'histoire écologique des communautés végétales ligneuses. L'approche moderne employant les charbons enfouis dans le sol (pédoanthracologie) s'appuie sur l'identification taxonomique sur la base de l'anatomie du bois à l'aide de guides d'identification et d'une collection d'échantillons de référence (anthracothèque) provenant de la région étudiée. Il n'existe pas encore de collection de référence pour les Landes de Gascogne et leur périphérie. Nous profitons d'une étude pédoanthracologique focalisée sur cette région pour établir une telle collection de 30 échantillons de référence provenant de 29 espèces ligneuses communes dans la région. Nous documentons une approche méthodologique simple et économique pour produire les échantillons de référence.

Mots-clés - Aquitaine, anatomie du bois, charbon de bois, identification taxonomique, Landes de Gascogne, pédoanthracologie.

Summary - Charcoal macrofossils buried in soil are used in palaeoecology to study the ecological history of forest communities. Modern approach relies on botanical identification of charcoal based on wood anatomy with the aid of identification keys and a local reference collection. There is currently no such collection in the Landes de Gascogne and the surrounding area. While conducting a soil macrofossil charcoal analysis in the region, we established a charred wood reference collection containing 30 samples from 29 woody species from the region. We document an economic, yet simple, approach to produce charred wood reference collection.

Keywords - Pedoanthracology, south-western France, taxonomic identification, wood anatomy, wood charcoal.

[i.e. = c'est-à-dire ; ca. = environ ; e.g. = entre autres, notamment].

Introduction

Les charbons de bois constituent une composante des sols de tous les types d'écosystèmes forestiers (TRYON 1948). Dès le début du XX^{ème} siècle, HESSELMAN (1917) concluait "qu'il serait difficile d'étudier un seul m² de forêt où du charbon ne pourrait être trouvé enfoui dans le sol", alors que GLINKA (1914) notait "qu'il n'y a quasiment aucun profil de sol dans lequel des particules de charbon n'apparaissent pas dans l'horizon supérieur". Ces charbons de bois enfouis sont des macrofossiles plus ou moins anciens qui peuvent être employés en paléoécologie pour étudier l'histoire des communautés végétales ligneuses (e.g. TALON *et al.*, 2005 ; DE LAFONTAINE & PAYETTE, 2012) et pour reconstituer l'histoire des feux de forêts à des échelles locales et régionales (e.g. FESENMEYER & CHRISTENSEN, 2010 ; DE LAFONTAINE & PAYETTE, 2011 ; PAYETTE *et al.*, 2012). Dans ce contexte, leur utilité est reconnue depuis maintenant plus d'un demi-siècle (SALISBURY & JANE, 1940 ; GODWIN & TANSLEY, 1941).

L'approche moderne employant les charbons enfouis dans le sol (pédoanthracologie) pour reconstituer l'histoire écologique s'appuie sur l'identification taxonomique et la datation des particules de charbon de bois fossiles. L'identification taxonomique se fait sur la base de l'anatomie du bois et permet d'évaluer la composition arborescente historique, alors que la radiodatation au carbone 14 par la méthode de spectrométrie de masse par accélérateur (SMA) permet de déterminer l'âge du bois qui a brûlé. La pédoanthracologie a permis de reconstituer l'histoire écologique de sites où les approches paléoécologiques traditionnelles (e.g. palynologie) ne pouvaient s'appliquer (TALON *et al.*, 2005 ; DE LAFONTAINE & PAYETTE, 2011, 2012 ; PAYETTE *et al.*, 2012). En effet, alors que les approches palynologiques requièrent des conditions particulières quant au site de sédimentation, d'accumulation et de conservation du pollen (*i.e.* lacs, tourbières), les charbons de bois persistent pendant plusieurs millénaires dans virtuellement tous les types de sols (DE LAFONTAINE *et al.*, 2011 ; DE LAFONTAINE & ASSELIN, 2011, 2012). Ainsi, la méthode moderne a pu être appliquée dans des conditions climatiques, des substrats et des écosystèmes variés. Quelques exemples récents nous viennent de l'Europe (dans les Alpes [CARCAILLET, 2001 ; CARNELLI *et al.*, 2004 ; TOUFLAN & TALON, 2009 ; TALON, 2010 ; TOUFLAN *et al.*, 2010], la Normandie [DUTOIT *et al.*, 2009], la Péninsule Ibérique [FIGUEIRAL & CARCAILLET, 2005] et l'Allemagne [POSCHLOD & BAUMANN, 2010]), de l'Amérique du Nord (en forêt boréale [DE LAFONTAINE & PAYETTE, 2011, 2012], côtière pacifique [GAVIN *et al.*, 2003] et tempérée [TALON *et al.*, 2005 ; FESENMEYER & CHRISTENSEN, 2010]) et de l'Amérique du Sud (dans les forêts tropicales du Brésil [SCHEEL-YBERT *et al.*, 2003], de Guyane française [TARDY, 1998] et de l'ouest amazonien [BUSH *et al.*, 2008], de même que dans les Andes équatoriennes [DI PASQUALE *et al.*, 2008, 2010 ; ALLEVATO *et al.*, 2013]).

Pour aider l'identification taxonomique des particules de charbon de bois fossiles à partir de l'anatomie du bois, on utilise généralement des guides d'identification et des échantillons de référence provenant de la région étudiée. Par exemple, pour les bois européens, il existe plusieurs guides d'identification de l'anatomie du bois (SCHWEINGRUBER, 1978, 1990 ; SCHOCH *et al.*, 2004) et du charbon de bois (VERNET *et al.*, 2001). Par ailleurs, les échantillons de référence doivent être répertoriés dans une anthracothèque (*i.e.* une collection de bois actuels d'espèces connues, carbonisés en conditions de température et d'atmosphère contrôlées, et entreposés et référencés). L'anthracothèque d'une région se construit au fil des études pédoanthracologiques ayant eu cours dans la région.

Mise à part la notable étude de FAURE & GALOP (2011), on ne retrouve aucune étude palynologique dans les Landes de Gascogne (Aquitaine) (Fig. 1 ; European Pollen Database, <http://www.europeanpollendatabase.net>), du fait du manque de sites d'accumulation pollinique appropriés. De ce fait, l'information paléoécologique est limitée dans les Landes de Gascogne et à leur périphérie, *a fortiori* pour de petits

peuplements isolés n'ayant sûrement généré que très peu de pollen disséminé à l'échelle régionale. Afin de connaître l'origine et la dynamique locale historique des peuplements marginaux de hêtres (*Fagus sylvatica* L.) des Landes de Gascogne et de leur périphérie (TIMBAL & DUCOUSSO, 2010), nous avons récemment conduit une étude pédoanthracologique (AMASIFUEN GUERRA, 2011, 2012) focalisée sur ces petites hêtraies isolées dans les ripisylves. Ces peuplements de hêtres, encore peu étudiés sur le plan écologique, contrastent avec le massif forestier landais dominé par le pin maritime (*Pinus pinaster* AIT.) (TIMBAL & DUCOUSSO, 2010). Puisqu'il s'agit de la première étude du genre dans la région, il n'existe pas encore de base de données de référence pour corroborer nos identifications taxonomiques.

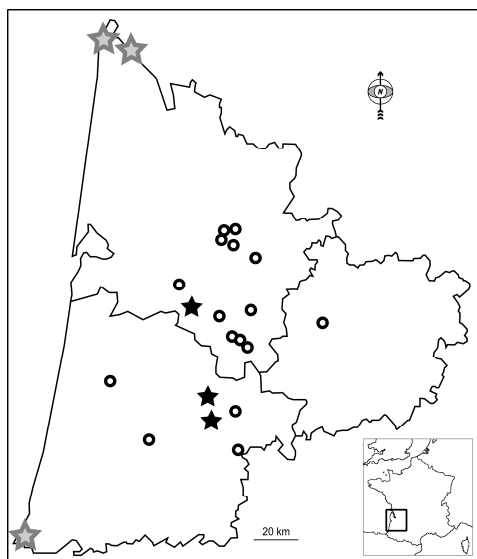


Fig. 1. Carte de répartition des sites d'études palynologiques et pédoanthracologiques en Gironde, Landes et Lot-et-Garonne (Aquitaine). Les étoiles grises situent les sites répertoriés dans *European Pollen Database* (notons l'absence de sites dans les Landes de Gascogne). Les étoiles noires représentent les sites palynologiques étudiés par FAURE & GALOP (2011). Les cercles ouverts situent les peuplements de hêtres étudiés en pédoanthracologie (AMASIFUEN GUERRA, 2011, 2012).

Dans le présent texte, nous documentons la mise en place de l'anthracothèque de Bordeaux. Cette collection de référence provenant des Landes et de leur périphérie a été constituée afin d'y comparer les pièces macrofossiles de charbon de bois retrouvées dans notre étude paléoécologique focalisée sur l'ensemble des peuplements de hêtres de la région. Cette première version de l'anthracothèque a été constituée avec des moyens économiques (*i.e.* sans nécessité d'acquérir du matériel hautement spécialisé). Nous décrivons donc ici notre approche méthodologique qui a permis d'obtenir des échantillons de référence pour établir une anthracothèque fonctionnelle à un coût abordable en vue d'une étude pédoanthracologique.

Méthode

Afin d'obtenir du matériel de référence pour différents taxa, des échantillons de bois des différentes espèces arborescentes et arbustives, rencontrées au cours d'échantillonnages floristiques, ont été collectés sur l'ensemble des sites de l'étude pédoanthracologique en Gironde, Landes et Lot-et-Garonne [Aquitaine] (**Fig. 1**). Les échantillons de ca. 2 cm d'épaisseur ont été prélevés sur du bois de tronc ou de branche ayant un diamètre minimal de 10 cm. Les disques de bois ont été séchés à l'air ambiant pendant ca. 6 mois.

La méthode standard de fabrication de charbon de bois, sous conditions contrôlées, nécessite l'utilisation d'un four à moufle relié à un système de ventilation particulier pour expulser la fumée produite vers l'extérieur. On obtient alors le charbon en plaçant les

échantillons de bois au four à 350°C pendant 20 min. (MACHADO YANES, 1992). Dans le processus de confection de notre collection de référence, nous n'avons pu avoir accès à ce type d'appareillage. Ainsi, pour préparer nos échantillons de référence sans four à moufle, les disques de bois secs ont été déposés au fond d'une marmite de métal (e.g. fonte d'aluminium ou d'acier émaillée) qui a été remplie aux deux tiers de sable blanc et refermée par son couvercle. Cette procédure permet de restreindre l'apport en oxygène et ainsi d'empêcher une combustion complète du bois en cendres. Les échantillons avaient initialement été marqués à l'aide d'une étiquette d'aluminium sur laquelle était gravé le numéro de référence. La marmite contenant les échantillons de bois a été chauffée en plein air, avec surveillance continue (sur le terrain de l'INRA à Pierroton, Cestas), à l'aide d'un brûleur au gaz portatif en fer de fonte (35 000 BTU ; marque YIYUAN, Chine), réglé à température maximale pendant 2,5 heures ou jusqu'à ce que tout le bois soit converti en charbon (**Fig. 2**). Les pièces de charbons ainsi produites ont ensuite été refroidies à température ambiante pour ca. 5 heures, nettoyées du sable, répertoriées et entreposées dans des flacons de plastique.

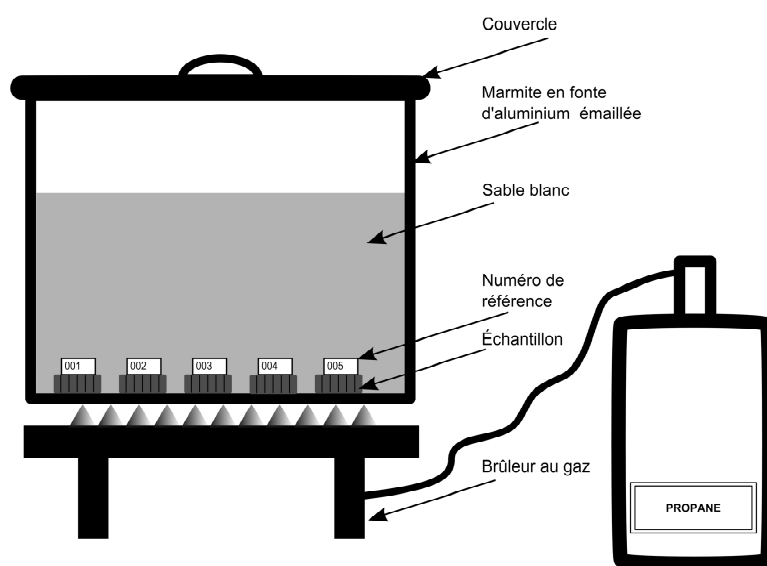


Fig. 2. Représentation schématique de l'approche méthodologique employée pour produire les échantillons de références de l'anthrothèque de Bordeaux.

Résultats

Au total, 30 échantillons de référence constituent la collection initiale. Ceux-ci proviennent de 29 espèces puisque *Fagus sylvatica*, l'espèce ciblée plus spécifiquement par notre étude, a été récoltée à deux reprises. La liste des taxa de la collection est présentée sur le **Tableau 1**. L'anthrothèque est entreposée dans les locaux de l'UMR Biogeco à l'INRA de Pierroton.

Sans accès à un four à moufle, la méthode économique employée s'est avérée suffisamment efficace pour nos besoins. Les échantillons de référence ainsi générés étaient d'assez bonne qualité pour être utilisés à des fins pédagogiques et de recherche. En effet, la collection a permis de former du personnel qualifié pour identifier les charbons sur la base de l'anatomie du bois et de reconnaître différents taxa présents dans la région des Landes de Gascogne et leur périphérie à partir de leur charbon de bois. En y comparant les échantillons macrofossiles prélevés dans les sols

des sites d'études de la région, on a pu corroborer la plupart des identifications taxonomiques.

Par ailleurs, d'autres identifications n'ont pu être confirmées avec la collection de référence actuelle. Le cas le plus notable est celui du Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.). Cette espèce boréale était présente dans les Landes sous les conditions climatiques froides du Tardiglaciaire (BERTRAN *et al.*, 2009, 2011) mais est aujourd'hui très rare dans la région. Le pin sylvestre n'a donc pas été inclus dans notre collection de référence mais a été retrouvé parmi nos échantillons paléoécologiques et son identification n'a pu être confirmée directement à partir de matériel de même provenance géographique.

Numéro de collection	Famille	Espèce	Nom commun
001	Aceraceae	<i>Acer campestre</i> L.	Érable champêtre
002	Aceraceae	<i>Acer negundo</i> L.	Érable negundo
003	Aquifoliaceae	<i>Ilex aquifolium</i> L.	Houx commun
004	Araliaceae	<i>Hedera helix</i> L.	Lierre commun
005	Betulaceae	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	Aulne glutineux
006	Betulaceae	<i>Betula pendula</i> Roth	Bouleau verruqueux
007	Betulaceae	<i>Carpinus betulus</i> L.	Charme commun
008	Betulaceae	<i>Corylus avellana</i> L.	Noisetier
009	Adoxaceae	<i>Sambucus nigra</i> L.	Sureau noir
010	Celastraceae	<i>Euonymus europaeus</i> L.	Fusain d'Europe
011	Cornaceae	<i>Cornus sanguinea</i> L.	Cornouiller sanguin
012	Cupressaceae	<i>Juniperus communis</i> L.	Genévrier commun
013	Fabaceae	<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link	Genêt à balais
014	Fabaceae	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Robinier faux-acacia
015	Fagaceae	<i>Castanea sativa</i> Mill.	Châtaignier commun
016	Fagaceae	<i>Fagus sylvatica</i> L.	Hêtre commun
017	Fagaceae	<i>Fagus sylvatica</i> L.	Hêtre commun
018	Fagaceae	<i>Quercus pyrenaica</i> Steven	Chêne tauzin
019	Fagaceae	<i>Quercus robur</i> L.	Chêne pédonculé
020	Pinaceae	<i>Pinus pinaster</i> Aiton	Pin maritime
021	Rhamnaceae	<i>Frangula alnus</i> Mill.	Bourdaie
022	Rosaceae	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Aubépine monogyne
023	Rosaceae	<i>Malus sylvestris</i> Mill.	Pommier sauvage
024	Rosaceae	<i>Mespilus germanica</i> L.	Néflier commun
025	Rosaceae	<i>Prunus avium</i> (L.) L.	Merisier
026	Rosaceae	<i>Prunus spinosa</i> L.	Prunellier
027	Rosaceae	<i>Sorbus domestica</i> L.	Cormier
028	Rosaceae	<i>Sorbus torminalis</i> Crantz	Alisier torminal
029	Salicaceae	<i>Populus tremula</i> L.	Peuplier tremble
030	Tiliaceae	<i>Tilia cordata</i> Mill.	Tilleul à petites feuilles

Tableau 1. Liste des charbons de bois de référence de l'Anthracothèque de Bordeaux (disponible à l'UMR Biogeco, INRA, Pierroton).

Discussion

Puisque la collection de référence provient des sites sur lesquels l'échantillonnage pédoanthracologique a été effectué, elle a été suffisante pour confirmer avec succès la plupart des identifications taxonomiques de nos échantillons fossiles. Toutefois, il est important de noter qu'il manque actuellement plusieurs espèces présentes dans la région. On peut citer en exemple le cas des chênes : le chêne sessile (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), vert (*Q. ilex* L.), liège (*Q. suber* L.) et le chêne rouge (*Q. rubra* L.), introduit d'Amérique du Nord. Les différentes espèces de chênes sont excessivement difficiles, voire même parfois impossibles, à différencier entre elles sur la base de

l'anatomie du bois. Ceci est d'autant plus vrai pour les petites particules de charbon fossile dont l'état de conservation est rarement fidèle aux échantillons de référence "idéaux". Pour cette raison, dans notre étude pédoanthracologique, toutes les espèces de chênes étaient regroupées sous le taxon *Quercus* spp. (AMASIFUEN GUERRA, 2012). Il n'était donc pas nécessaire pour notre étude paléoécologique d'obtenir plusieurs espèces du genre dans la collection de référence. Les échantillons de chêne pédonculé (*Q. robur* L.) et tauzin (*Q. pyrenaica* Steven) suffisaient pour confirmer les identifications se rapportant au genre *Quercus*. Idéalement, nous pensons qu'une anthracothèque devrait être représentative de la composition arborescente régionale et devrait inclure au moins un exemplaire de chaque taxon, aussi similaires entre eux soient-ils. Nous souhaitons donc que la collection reste bien vivante et bénéficie de l'apport continu de nouveaux taxa, soit au cours de futures études pédoanthracologiques, soit par la contribution volontaire d'éventuels "charbonniers amateurs".

La méthode économique de confection de charbon présentée ici a permis de produire des échantillons de référence utiles pour la formation (étudiants, professionnels de recherche) et la recherche paléoécologique (pour confirmer les identifications taxonomiques). Par contre, les conditions de production de charbon ne sont pas aussi bien contrôlées que dans un four à moufle. On ne doit donc pas utiliser ce type de collection pour conduire une étude visant à quantifier l'anatomie comparative entre taxa rapprochés (TALON, 1997 ; MARGUERIE *et al.*, 2000), ou encore pour évaluer l'effet de différentes conditions de production de charbon (température de combustion, humidité du bois, exposition à des facteurs environnementaux) sur ses propriétés physico-chimiques (e.g. BALDOCK & SMERNIK, 2002 ; ASCOUGH *et al.*, 2008, 2011).

Conclusion

Dans sa forme actuelle, l'anthracothèque de Bordeaux constitue donc une première collection de 30 pièces de charbon de bois de référence pour les principaux taxa de la grande région du Sud-Ouest de la France. Cette collection a déjà atteint les objectifs de pédagogie et de recherche pour lesquels elle a été conçue. Nous avons documenté une approche méthodologique simple et économique qui permet à n'importe quel "charbonnier amateur" d'apporter sa contribution à la collection. Il reste à espérer que l'anthracothèque de Bordeaux continuera à se développer au cours des prochaines années.

Remerciements

Merci à Emmanuel Corcket et Pauline Hernandez pour l'aide aux récoltes des échantillons de bois. Les recherches ont été financées par la DGPAAT et INRA-EFPA "Projet Innovant" 2011. Carlos Alberto Amasifuen Guerra reconnaît un soutien financier de *Erasmus Mundus BAPE project* et du Labex Cote. Guillaume de Lafontaine a reçu le soutien financier d'une bourse postdoctorale FQRNT. Merci à nos relecteurs de la Société Linnéenne : Bruno Cahuzac, Patrick Dauphin, Jean Laporte-Cru.

Bibliographie

- ALLEVATO (E.), IMPAGLIAZZO (S.), PASSARIELLO (I.), MARZAIOLI (F.), TERRASI (F.) & DI PASQUALE (G.), 2013. - Holocene palaeofires in Neotropics high mountains: The contribution of soil charcoal analysis. - *Quat. Int.*, 289, p. 71-77.
- AMASIFUEN GUERRA (C.A.), 2011. - Conservation et variabilité spatiale locale des macrofossiles de charbon de bois dans les hêtraies du sud-ouest de la France. - Rapport de stage Master I, Université Bordeaux 1, 12 p.
- AMASIFUEN GUERRA (C.A.), 2012. - Historical distribution of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in southwestern France: Evidence from macrofossil soil charcoal analysis. - Rapport de stage Master II, Université Bordeaux 1, 23 p.
- ASCOUGH (P.L.), BIRD (M.I.), WORMALD (P.), SNAPE (C.E.) & SCOTT (A.C.), 2008. - Influence of production variables and starting material on charcoal stable isotopic and molecular characteristics. - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 72, p. 6090-6102.

- ASCOUGH (P.L.), BIRD (M.I.), FRANCIS (S.M.), THORNTON (B.), MIDWOOD (A.J.), SCOTT (A.C.) & APPERLY (D.), 2011. - Variability in oxidative degradation of charcoal: influence of production conditions and environmental exposure. - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 75, p. 2361-2378.
- BALDOCK (J.A.) & SMERNIK (R.J.), 2002. - Chemical composition and bioavailability of thermally altered *Pinus resinosa* (Red pine) wood. - *Org. Geochem.*, 33, p. 1093-1109.
- BERTRAN (P.), ALLENET (G.), GÉ (T.), NAUGHTON (F.), POIRIER (P.) & SANCHEZ GOÑI (M.F.), 2009. - Coversand and Pleistocene palaeosols in the Landes region, southwestern France. - *J. Quat. Sci.*, 24, p. 259-269.
- BERTRAN (P.), BATEMAN (M.D.), HERNANDEZ (M.), MERCIER (N.), MILLET (D.), SITZIA (L.) & TASTET (J.-P.), 2011. - Inland aeolian deposits of south-west France: facies, stratigraphy and chronology. - *J. Quat. Sci.*, 26, p. 374-388.
- BUSH (M.B.), SILMAN (M.R.), MCMICHAEL (C.) & SAATCHI (S.), 2008. - Fire, climate change and biodiversity in Amazonia: a Late-Holocene perspective. - *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, p. 1795-1802.
- CARCAILLET (C.), 2001. - Are Holocene wood-charcoal fragments stratified in alpine and subalpine soils ? Evidence from the Alps based on AMS ¹⁴C dates. - *Holocene*, 11, p. 231-242.
- CARNELLI (A.L.), THEURILLAT (J.-P.), THINON (M.), VADI (G.) & TALON (B.), 2004. - Past uppermost tree limit in the Central European Alps (Switzerland) based on soil and soil charcoal. - *Holocene*, 14, p. 393-405.
- DE LAFONTAINE (G.) & ASSELIN (H.), 2011. - Soil charcoal stability over the Holocene across boreal northeastern North America. - *Quat. Res.*, 76, p. 196-200.
- DE LAFONTAINE (G.) & ASSELIN (H.), 2012. - Soil charcoal stability over the Holocene-Response to comments by Mikael Ohlson. - *Quat. Res.*, 78, p. 155-156.
- DE LAFONTAINE (G.), COUILLARD (P.-L.) & PAYETTE (S.), 2011. - Permineralization process promotes preservation of Holocene macrofossil charcoal in soils. - *J. Quat. Sci.*, 26, p. 571-575.
- DE LAFONTAINE (G.) & PAYETTE (S.), 2011. - Shifting zonal patterns of the southern boreal forest in eastern Canada associated with changing fire regime during the Holocene. - *Quat. Sci. Rev.*, 30, p. 867-875.
- DE LAFONTAINE (G.) & PAYETTE (S.), 2012. - Long-term fire and forest history of subalpine balsam fir (*Abies balsamea*) and white spruce (*Picea glauca*) stands in eastern Canada inferred from soil charcoal analysis. - *Holocene*, 22, p. 191-201.
- DI PASQUALE (G.), MARZIANO (M.), IMPAGLIAZZO (S.), LUBRITTO (C.), DE NATALE (A.) & BADER (M.Y.), 2008. - The Holocene treeline in the northern Andes (Ecuador): first evidence from soil charcoal. - *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 259, p. 17-34.
- DI PASQUALE (G.), IMPAGLIAZZO (S.), LUBRITTO (C.), MARZIANO (M.), PASSARIELLO (I.) & ERMOLLI (E.R.), 2010. - Soil charcoal analysis as a climato - stratigraphical tool: the key case of Cordillera Real, northern Andes. - *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B*, 268, p. 1088-1090.
- DUTOIT (T.), THINON (M.), TALON (B.), BUISSON (E.) & ALARD (D.), 2009. - Sampling soil wood charcoals at a high spatial resolution: a new methodology to investigate the origin of grassland plant communities. - *J. Veg. Sci.*, 20, p. 349-358.
- FAURE (E.) & GALOP (D.), 2011. - La fin du paradigme du désert landais : histoire de la végétation et de l'anthropisation à partir de l'analyse palynologique de quelques lagunes de la Grande Lande. - In Merlet (J.-C.) & Bost (J.-P.), éditeurs, De la lagune à l'Aïrial : le peuplement de la Grande-Lande. *Aquitania*, suppl. 24, p. 43-59.
- FESEMYER (K.A.) & CHRISTENSEN (N.L.), 2010. - Reconstructing Holocene fire history in a southern Appalachian forest using soil charcoal. - *Ecology*, 91, p. 662-670.
- FIGUEIRAL (I.) & CARCAILLET (C.), 2005. - A review of Late Pleistocene and Holocene biogeography of highland Mediterranean pines (*Pinus* type *sylvestris*) in Portugal, based on wood charcoal. - *Quat. Sci. Rev.*, 24, p. 2466-2476.
- GAVIN (D.G.), BRUBAKER (L.) & LERTZMAN (K.), 2003. - Holocene fire history of a coastal temperate rain forest based on soil charcoal radiocarbon dates. - *Ecology*, 84, p. 186-201.

- GLINKA (K.), 1914. - Die Typen der Bodenbildung, ihre Klassifikation und geographische Verbreitung. - Gebrueder Borntraeger Heidelberg, 365 p.
- GODWIN (H.) & TANSLEY (A.G.), 1941. - Prehistoric charcoals as evidence of former vegetation, soil and climate. - *J. Ecol.*, 29, p. 117-126.
- HESELNAN (H.), 1917. - On the effect of our regeneration measures on the formation of saltpetre in the ground and its importance in the regeneration of coniferous forests [Texte suédois]. - *Reports of the Swedish Institute of Experimental Forestry*, 14, p. 923-1076. [Résumé anglais, p. 91-126].
- MACHADO YANES (M.d.C.), 1992. - Introducción al análisis antracológico en la isla de Tenerife. - *Bull. Soc. Bot. France*, 139, p. 495-506.
- MARGUERIE (D.), BÉGIN (Y.) & COURNOYER (L.), 2000. - Distinction anatomique du bois du mélèze (*Larix laricina* [Du Roi] K. Koch), de l'épinette blanche (*Picea glauca* [Moench.] Voss), et de l'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] b.s.p.), en vue de l'analyse des macrorestes. - *Géogr. Phys. Quat.*, 54, p. 317-325.
- PAYETTE (S.), DELWAIDE (A.), SCHAFFHAUSER (A.) & MAGNAN (G.), 2012. - Calculating long-term fire frequency at the stand scale from charcoal data. - *Ecosphere*, vol. 3, 59^e article. [Périodique en ligne].
- POSCHLOD (P.) & BAUMANN (A.), 2010. - The historical dynamics of calcareous grasslands in the central and southern Franconian Jurassic mountains: a comparative pedoanthracological and pollen analytical study. - *Holocene*, 20, p. 13-23.
- SALISBURY (E.J.) & JANE (F.W.), 1940. - Charcoals from Maiden Castle and their significance in relation to vegetation and climatic conditions in prehistoric times. - *J. Ecol.*, 28, p. 310-325.
- SCHEEL-YBERT (R.), GOUVEIA (S.E.M.), PESSENDA (L.C.R.), ARAVENA (R.), COUTINHO (L.M.) & BOULET (R.), 2003. - Holocene palaeoenvironmental evolution in the São Paulo State (Brazil), based on anthracology and soil $\delta^{13}C$ analysis. - *Holocene*, 13, p. 73-81.
- SCHOCH (W.), HELLER (I.), SCHWEINGRUBER (F.H.) & KIENAST (F.), 2004. - Wood anatomy of central European species. - En ligne : www.woodanatomy.ch.
- SCHWEINGRUBER (F.H.), 1978. - Microscopic Wood Anatomy. - Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, CH-8903 Birmensdorf, Zürich, Suisse, 226 p.
- SCHWEINGRUBER (F.H.), 1990. - Anatomy of European Woods. - Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Verlag Paul Haupt, Bern, Suisse, 800 p.
- TALON (B.), PAYETTE (S.), FILION (L.) & DELWAIDE (A.), 2005. - Reconstruction of the long-term fire history of an old-growth deciduous forest in Southern Québec, Canada, from charred wood in mineral soils. - *Quat. Res.*, 64, p. 36-43.
- TALON (B.), 1997. - Étude anatomique et comparative de charbons de bois de *Larix decidua* Mill. et de *Picea abies* (L.) Karst. - *Compt. Rendus Acad. Sci., III Sci. Vie*, 320, p. 581-588.
- TALON (B.), 2010. - Reconstruction of Holocene high-altitude vegetation cover in the French southern Alps: evidence from soil charcoal. - *Holocene*, 20, p. 35-44.
- TARDY (C.), 1998. - Paléoincendies naturels, feux anthropiques et environnements forestiers en Guyane française du Tardiglaciaire à l'Holocène récent. Approches chronologique et anthracologique. - Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, 343 p.
- TIMBAL (J.) & DUCOUSSO (A.), 2010. - Le Hêtre (*Fagus sylvatica* L.) dans les Landes de Gascogne et à leur périphérie. - *Bull. Soc. Linn. Bordeaux*, 145, 2, p. 127-137.
- TOUFLAN (P.) & TALON (B.), 2009. - Spatial reliability of soil charcoal analysis: The case of subalpine forest soils. - *Ecoscience*, 16, p. 23-27.
- TOUFLAN (P.), TALON (B.) & WALSH (K.), 2010. - Soil charcoal analysis: a reliable tool for spatially precise studies of past forest dynamics: a case study in the French southern Alps. - *Holocene*, 20, p. 45-52.
- TRYON (E.H.), 1948. - Effects of charcoal on certain physical, chemical and biological properties of forest soils. - *Ecol. Monogr.*, 18, p. 81-115.
- VERNET (J.-L.), OGÉREAU (P.), FIGUEIRAL (I.), MACHADO YANES (C.) & UZQUIANO (P.), 2001. - Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques et récents. - CNRS Editions, Paris, France, 395 p.