

Pédoanthracologie, dynamiques de végétation et anthropisation dans les Hautes-Vosges (Massif du Rossberg, Haut-Rhin, France)

Stéphanie GOEPP⁽¹⁾, Dominique SCHWARTZ⁽¹⁾, Michel THINON⁽²⁾, Christian JEUNESSE⁽³⁾

(1) Université Louis Pasteur, Faculté de Géographie et d'Aménagement, 3 rue de l'Argonne, 67083 – Strasbourg Cedex – goepp@geographie.u-strasbg.fr – schwartz@geographie.u-strasbg.fr

(2) Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie (IMEP, UMR 6116) – Faculté des Sciences et Techniques Saint-Jérôme, Avenue Escadrille Normandie-Niemen – boîte 451, 13397, Marseille Cedex 20 – michel.thinon@univ.u-3mrs.fr

(3) Service Régional d'Archéologie d'Alsace, DRAC, Palais du Rhin, 2, place de la République, 67082 Strasbourg Cedex – christian.jeunesse@culture.gouv.fr

Résumé

L'histoire de la végétation des Hautes-Chaumes des Vosges est encore mal connue. Aussi, le but de notre étude est de retracer les phases majeures des changements de végétation et des variations de l'écotone forêt/prairie à l'échelle de l'Holocène, et d'acquérir une meilleure connaissance des facteurs d'évolution des paysages, parmi lesquels le facteur anthropique est prédominant (feux, déforestations, abandons, défrichements...).

A ces fins, la méthode pédoanthracologique - étude des charbons de bois des sols - a été testée dans le massif du Rossberg. Les charbons ont été extraits de deux sols bruns acides situés sous prairie, puis déterminés. Dix-huit d'entre eux ont été datés par AMS. Leur âge s'étend de 22000 à 1000 ans BP. S'y ajoute une datation sur une charbonnière. Les résultats montrent :

- une distribution aléatoire de l'âge des charbons dans les sols. Le processus principal expliquant cette dispersion semble être la bioturbation ;
- l'existence de possibles phases de feux, à des périodes variées, depuis le Néolithique. Alors que les historiens estiment que la première ouverture de la forêt sommitale date du 8^e siècle AD, notre étude montre qu'elle a probablement au moins 2100 ans. Il est évident que l'existence de défrichements précoces a été jusqu'à présent sous-estimée ou inconnue ;
- une corrélation entre trois phases de feux - Bronze final, 2^e Age du Fer, Haut Moyen Age - et les périodes d'anthropisation du milieu, principalement liées à des mouvements migratoires de populations.

Mots-clés : Pédoanthracologie, charbons de bois, paléoenvironnements, feux, défrichements, pâturages, écotone forêt/prairie, Hautes-Chaumes, Vosges, France

Abstract

The history of the "Hautes-Chaumes des Vosges" vegetations are not well known yet. Thus, the purpose of this study is to retrace the most important phases of vegetation changes, and in particular the variations of the forest/grassland ecotone, at the Holocene time scale, and to acquire a better knowledge of the factors which influence the landscape evolution, among which the human factor is predominant (fires, clearings, abandonments...).

That is why the pedoanthracological method – soil charcoals study - was tested on the "massif du Rossberg", covered by grasslands above 1000 m a.s.l. Charcoal were extracted from two acidic brown soils situated under current grasslands, then determined. Eighteen charcoal were ¹⁴C AMS dated. Their ages range from 22000 to 1000 years BP. A dating on a charcoal kiln is added to those. The results show :

- *a random distribution of the age of charcoal in the soils. The main process explaining this dispersion seems to be the bioturbation ;*
- *the existence of possible fire phases, at varied periods, since the Neolithic. The first opening estimation of the upper forest goes back to the 8th century AD. But it is likely to date from at least 2100 years. It is obvious that the existence of early clearings has been yet underestimated or unknown ;*
- *a correlation between three fire phases - final Bronze Age, Second Iron Age, High Middle Age - and the anthropological periods, notably at the time of human migrations movements.*

Key words : *Pedoanthracology, charcoal, palaeoenvironments, fires, clearings, grasslands, forest/grassland ecotone, Hautes-Chaumes, Vosges, France*

1. - Introduction

Les "Hautes-Chaumes" sont des milieux naturels ouverts de type prairial, localisés sur les principaux sommets des Vosges. Afin de mieux protéger ces espaces naturels, une meilleure compréhension de leur origine, histoire et évolution est nécessaire, ainsi qu'une connaissance accrue des modes économiques passés de mise en valeur et d'utilisation des espaces forestiers et pastoraux adjacents. Jusqu'à présent, les chaumes dépassant 1250 à 1300 m d'altitude étaient considérées comme "primaires", donc naturelles, les autres étant considérées comme "secondaires", issues de défrichements anthropiques (Carbiener, 1966). Nous cherchons à nuancer cette affirmation, l'évolution de ces espaces pastoraux étant mal connue, en particulier pour les périodes précédant le Moyen-Age, pour lesquelles nous ne bénéficions pas de documents d'archives.

Le constat actuel concernant l'évolution paysagère au cours des XIX^e et surtout XX^e siècles est celui d'une progression rapide de la forêt sur les espaces pastoraux (photos 1 et 2). Cette reprise forestière naturelle considérable souligne le dynamisme forestier et l'importance de l'évolution du paysage sur un temps séculaire, donc relativement court. De façon identique, d'autres périodes du passé ont pu subir les mêmes évolutions. Ainsi, les conséquences de la Guerre de Trente Ans (1618-1648) ont été ressenties longtemps après la fin de cette période troublée, certaines chaumes restant inexploitées jusqu'au début du XVIII^e siècle (Boyé, 1903 ; Garnier, 2004). Autre exemple, celui de défrichements médiévaux liés à l'installation des abbayes dans de nombreuses vallées vosgiennes au cours des VII^e-VIII^e siècles de notre ère. L'installation de populations dans les différentes vallées vosgiennes est avérée dès le Haut Moyen-Age par les archives historiques (Garnier, 2004) ; avant cette période, les écrits concernant les installations humaines dans les vallées vosgiennes deviennent rares, ce qui ne préfigure en rien l'absence de l'Homme dans la région. Aux preuves écrites se substituent alors des traces archéologiques, pour la période antique principalement : voies romaines traversant les Vosges par le col de Bussang et par celui de Saales, rares traces d'habitats ou d'industries protohistoriques, au col du Bonhomme par exemple (Simon, 1992 ; Uhlich *et al.*, 1988 ; Pétrequin et Jeunesse, 1995). Les traces sont toutefois trop fragmentaires pour donner une image précise de l'évolution des chaumes vosgiennes.

Afin de montrer les évolutions "naturelles" de ces paysages pastoraux, à la fois à des échelles temporelles pluriséculaires à plurimillénaires (Holocène) et à des échelles spatiales réduites à quelques centaines d'hectares de chaumes, il est nécessaire de pallier les lacunes temporelles des archives historiques, et celles, spatiales et chronologiques, des sites archéologiques. Actuellement, les charbons de bois des sols sont parmi les seuls marqueurs paléoenvironnementaux à répondre à ces exigences, aux

échelles spatiales locales. L'analyse pédoanthracologique présentée ici nous permet de remettre en cause l'origine jusqu'à présent supposée médiévale des chaumes dites "secondaires". En outre, elle complète et affine celle précédemment effectuée dans un sol du Rossberg (Goepp *et al.*, sous presse ; Schwartz *et al.*, 2002, 2005, sous presse).



Photos 1 et 2 : Evolution entre les années 1900 (en haut) et 2002 (en bas) de l'état de la chaume du Gsang, au nord du Rossberg.

2. - Site d'étude

Le massif du Rossberg est situé à l'extrémité Sud-Est d'une ligne de crête secondaire orientée Nord-Ouest/Sud-Est, dans le Sud du massif vosgien (figure 1). Cet ensemble de sommets, dont les altitudes ne dépassent pas 1191 m, est respectivement limité au Nord et au Sud par les vallées profondément entaillées de la Thur et de la Doller, rendant les versants de ce massif très pentus. Le soubassement géologique est constitué par un ensemble complexe de roches volcano-sédimentaires d'origine primaire (grauwackes et schistes du Dévono-Dinantien). Sur cet ensemble se développent des types de sols relativement homogènes : sols bruns ocreux et acides (Boudot, 1974, 1976), ainsi que, localement, des andosols et sols bruns andiques (Aran, 1998). Le climat est de type semi-

continental à caractère océanique marqué : la pluviosité y est très élevée (2000 mm/an environ sur la crête centrale), la température moyenne annuelle fraîche : 5 °C à 1200 m. La ventilation importante des crêtes joue un rôle non négligeable sur la physiologie et le métabolisme des végétaux, notamment sur les ligneux, qui prennent un aspect tortueux et en drapeau. Les forêts culminales font place à des espaces ouverts, dont une partie est actuellement mal entretenue : friches, landes à callunes, à myrtilles, à fougères..., alors qu'une autre partie est constituée de prairies de fauche et de pâturages extensifs encore exploités. La composition floristique est caractérisée par l'abondance des graminées basses (*Festuca rubra*, *Nardus stricta*...) et de la présence de dicotylédones non ligneuses (*Potentilla erecta*, ...). La hêtraie et la hêtraie-sapinière se partagent l'essentiel du domaine forestier, aux altitudes dépassant 600 m, à l'exclusion de quelques plantations d'épicéas (*Picea abies*). Le hêtre (*Fagus sylvatica*) et le sapin (*Abies alba*) sont souvent accompagnés par

Acer campestre, *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*. Aux abords des principaux sommets, généralement au-delà de 1000 m, les faciès forestiers de reconquête sont généralement constitués par une hêtraie pure.

3. - Méthodes

Deux fosses pédologiques ont été décrites (figures 2 et 3), l'une localisée sur un versant orienté Sud-Ouest (Ross 2), sur une prairie faiblement pâturée, l'autre sur un versant orienté Est-Nord-Est (Ross 4), pour laquelle la pression pastorale est supérieure. Les deux fosses ont fait l'objet de prélèvements systématiques de sols (figures 2 et 3) tous les 10 cm. 10 à 12 kg de sol pour chaque niveau sont nécessaires à l'extraction des charbons. Cette extraction suit un protocole défini par Thinon (1992), repris par Carcaillet et Thinon (1996), Talon *et al.* (1998). Les échantillons sont séchés, pesés, puis malaxés dans une cuve

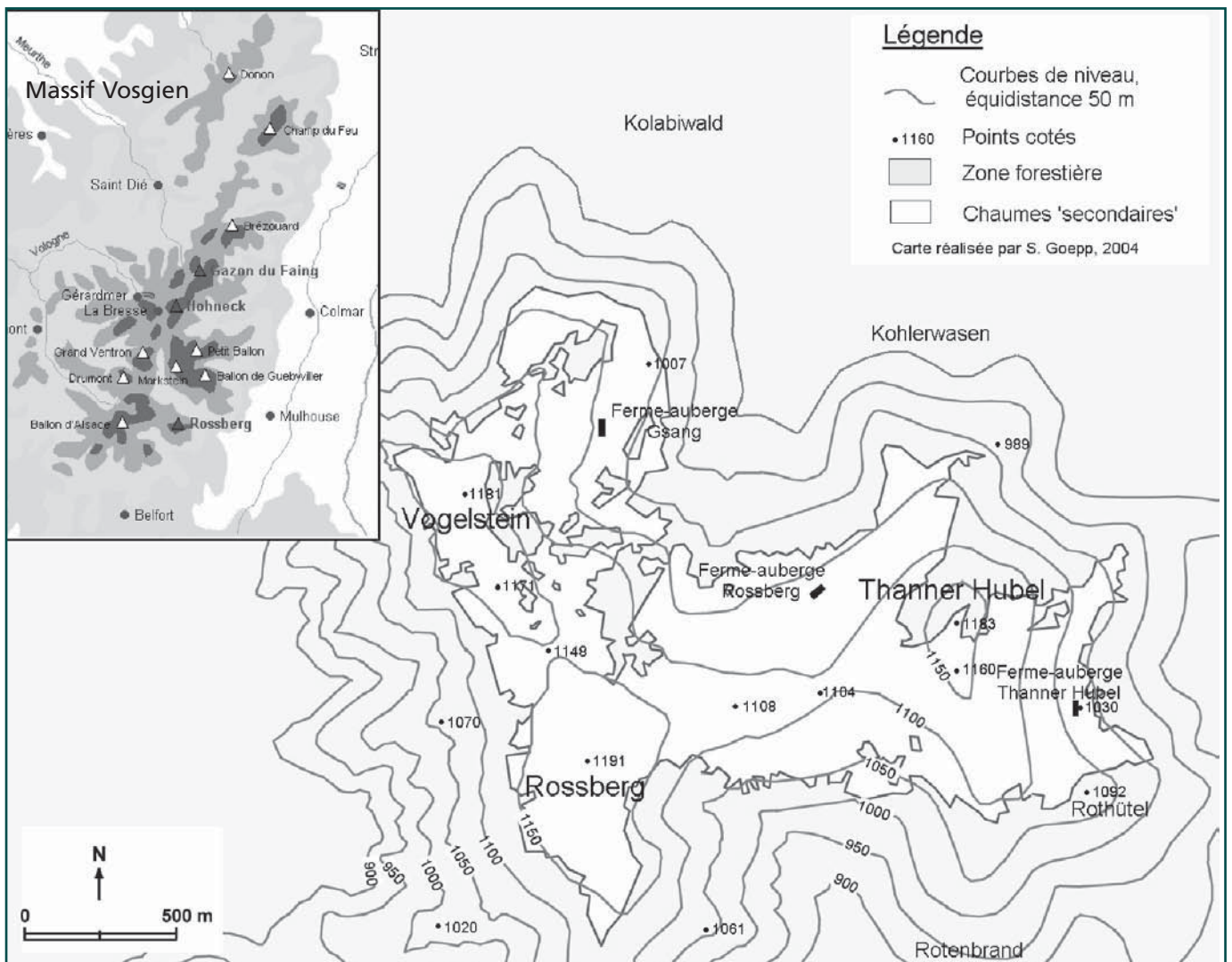


Figure 1 : Localisation du site d'étude et des profils pédologiques.

rotative avec de l'eau, afin de détruire les agrégats. Le surnageant, comprenant matière organique et charbons légers, est versé sur un tamis fin de 0,4 mm, rincé, séché puis trié manuellement sous binoculaire. Le culot de la cuve (sables) est ensuite versé sur une colonne de tamis de 5 mm, 2 mm, 0,8 mm et 0,4 mm, tamisé, mis à défloculer dans une solution défloculante, puis rincé et séché. L'extraction des charbons se fait par élutriation : Les charbons, plus légers que le matériau minéral, sont entraînés par un flux d'eau ascendant et récupérés sur un tamis. Un nettoyage manuel des charbons est nécessaire avant observation et détermination. L'observation de chaque charbon est effectuée sous microscope épiscopique à contraste interférentiel (x200, x500, x1000), et la détermination à l'aide d'une collection de références de charbons, et à partir d'ouvrages de référence (Greguss, 1959 ; Jacquot, 1955 ; Jacquot *et al.*, 1973 ; Schweingruber, 1978 ; 1990). Une sélection de fragments individuels de charbons a été datée au ¹⁴C par AMS, pour une part au Laboratoire de l'Université d'Utrecht aux Pays-Bas, et au Poznań Radiocarbon Laboratory en Pologne, pour les autres.

4. - Résultats

Le tableau I présente les résultats des déterminations et datations par Spectrométrie de Masse Atomique de 18 charbons de bois issus des 2 profils de sols décrits ci-dessus. Il fait apparaître les déterminations, les âges bruts ¹⁴C (par AMS) BP (Before Present), les âges calibrés cal BC (Before Christ) et cal AD (Anno Domino) et la période historique ou préhistorique correspondante. Notons la diversité des espèces (9 espèces différentes) et la variabilité temporelle des dates obtenues, s'étendant de 18200 ± 100 à 570 ± 30 BP. Les figures 4 (Ross 2) et 5 (Ross 4) représentent les âges des charbons en fonction de la profondeur dans le sol, ainsi que la droite et le coefficient de corrélation âge/profondeur. Au vu de ce coefficient très faible (R² de 0,05 et 0,15 respectivement pour Ross 2 et 4), la répartition des âges des charbons semble aléatoire avec la profondeur.

La figure 6 présente graphiquement les taux de carbone organique estimés par la méthode Walkley and Black (1934), et la figure 7 présente les Anthracomasses Spécifiques par Niveau (ASN en mg.kg⁻¹) calculées en rapportant la masse totale de charbon d'un niveau (mg) par la masse de l'échantillon prélevé (kg) de ce niveau, après avoir soustrait la masse des éléments grossiers (> 5 mm).

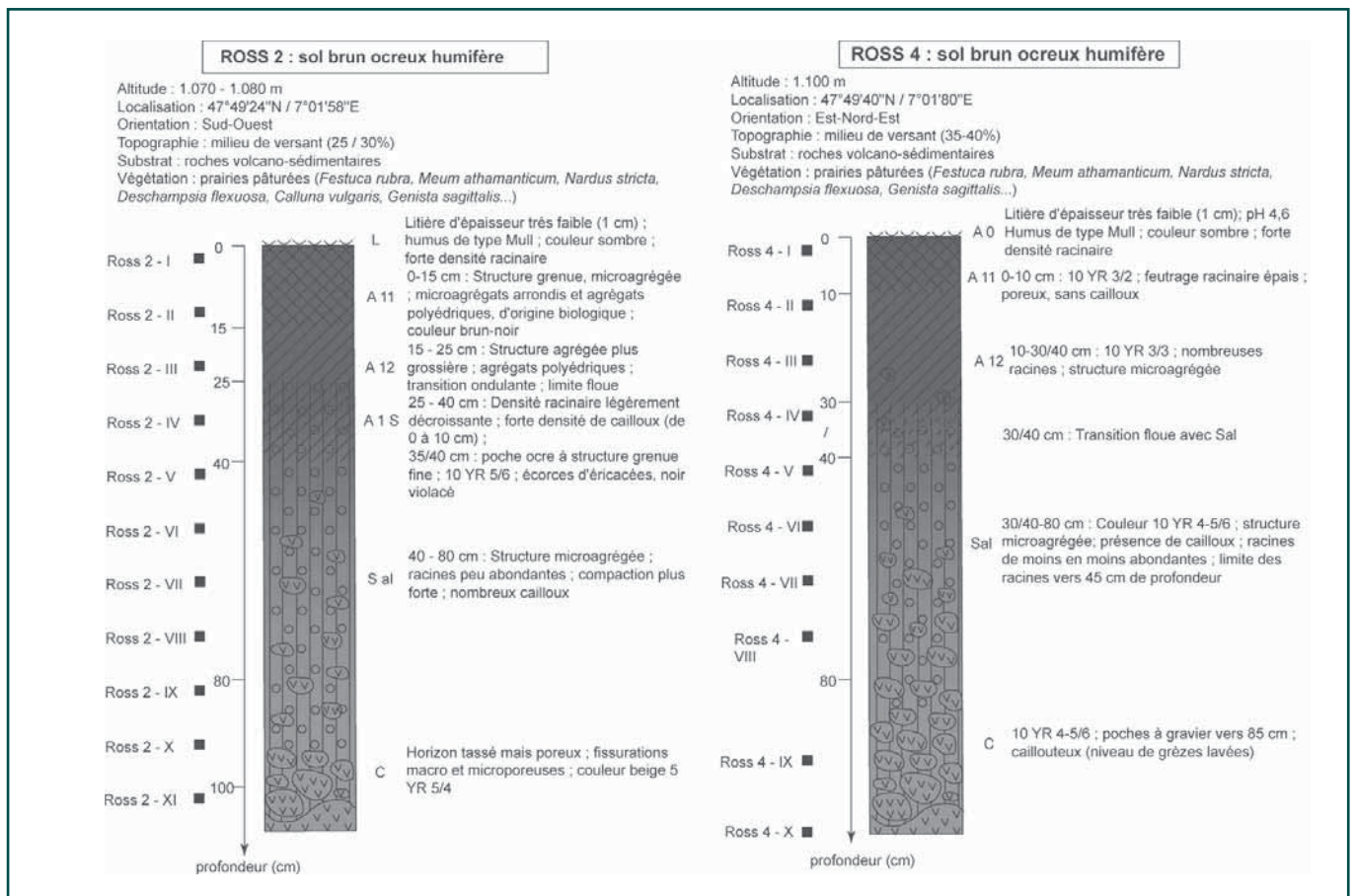


Figure 2 : Description du profil Ross 2.

Figure 3 : Description du profil Ross 4.

Référence	N° profil	Profondeur	Age 14C non calibré	Age calibré cal BC/calAD	Période	Espèce
UtC 11540	Charbonnière	5 - 10	129 ± 31 BP	1680 - 1949 cal AD	Epoque moderne	<i>Fagus sylvatica</i>
Poz 6154	Ross 4	20 - 25	570 ± 30 BP	1300 - 1370 cal AD	Bas Moyen Age	<i>Acer pseudoplatanus</i>
Poz 6147	Ross 4	70 - 75	1280 ± 30 BP	660 - 810 cal AD	Haut Moyen Age	<i>Acer pseudoplatanus</i>
UtC 11538	Ross 2	100 - 120	1301 ± 45 BP	650 - 830 cal AD	Haut Moyen Age	<i>Fagus sylvatica</i>
UtC 11527	Ross 2	20 - 25	1494 ± 30 BP	530 - 650 cal AD	Haut Moyen Age	<i>Abies pectinata</i>
UtC 11531	Ross 2	100 - 120	1930 ± 60 BP	50 cal BC - 240 cal AD	Gallo-romain	<i>Abies pectinata</i>
UtC 11529	Ross 2	70 - 75	1968 ± 32 BP	50 cal BC - 90 cal AD	Gallo-romain	<i>Populus sp.</i>
UtC 11539	Ross 2	20 - 25	2113 ± 35 BP	210 - 40 cal BC	2e Age du Fer	<i>Juniperus communis</i>
Poz 6150	Ross 4	50 - 55	2125 ± 35 BP	240 - 40 cal BC	2e Age du Fer	<i>Fraxinus excelsior</i>
Poz 6145	Ross 2	50 - 55	2135 ± 30 BP	240 - 50 cal BC	2e Age du Fer	<i>Juniperus communis</i>
Poz 6144	Ross 2	70 - 75	2210 ± 30 BP	380 - 180 cal BC	2e Age du Fer	<i>Juniperus communis</i>
Poz 6149	Ross 4	70 - 75	2930 ± 35 BP	1220 - 1000 cal BC	Bronze final	<i>Fagus sylvatica</i>
UtC 11528	Ross 2	50 - 55	3030 ± 60 BP	1430 - 1110 cal BC	Bronze final	<i>Acer pseudoplatanus</i>
Poz 6151	Ross 4	20 - 25	3850 ± 35 BP	2460 - 2200 cal BC	Néolithique final	<i>Coryllus avellana</i>
Poz 6143	Ross 2	100 - 120	5580 ± 40 BP	4500 - 4340 cal BC	Néolithique moyen	<i>Fagus sylvatica</i>
UtC 11530	Ross 2	70 - 75	6970 ± 60 BP	5930 - 5720 cal BC	Néolithique initial	<i>Tilia platyphyllos</i>
Poz 6208	Ross 4	50 - 55	9570 ± 50 BP	9170 - 8740 cal BC	Mésolithique ancien	<i>Pinus sylvestris</i>
Poz 6153	Ross 4	20 - 25	10170 ± 170 BP	10700 - 9200 cal BC	Paléolithique final	<i>Pinus sylvestris</i>
Poz 6146	Ross 4	90 - 100	18200 ± 100 BP	20400 - 18900 cal BC	Paléolithique supérieur	<i>Abies pectinata</i>

Tableau 1 : Déterminations et datations 14C par AMS de 19 charbons de bois des sols

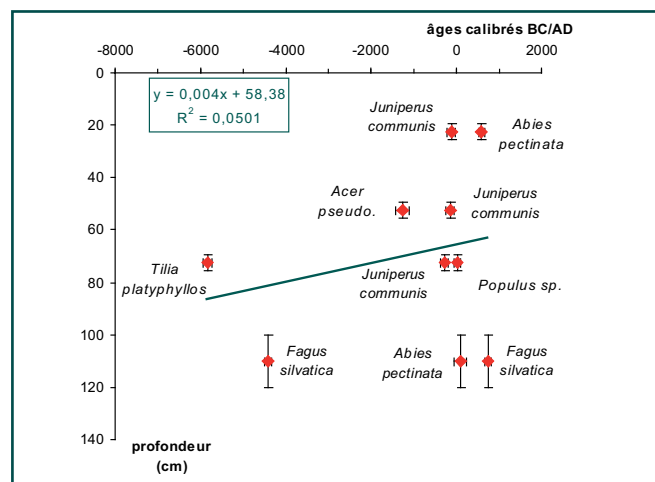


Figure 4 : Répartition des âges des charbons en fonction de la profondeur (Ross 2)

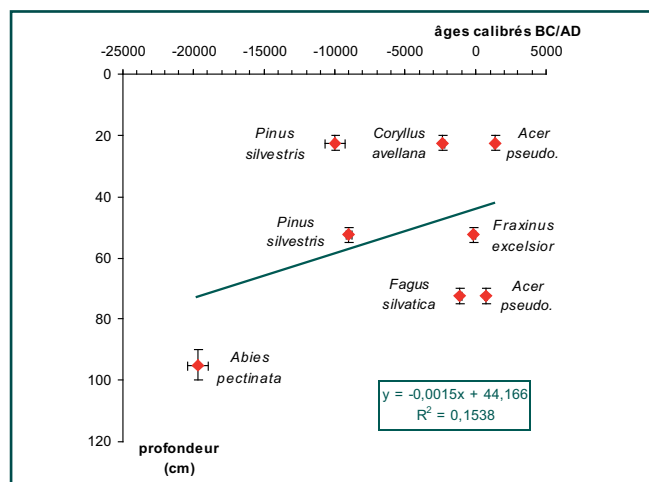


Figure 5 : Répartition des âges des charbons en fonction de la profondeur (Ross 4)

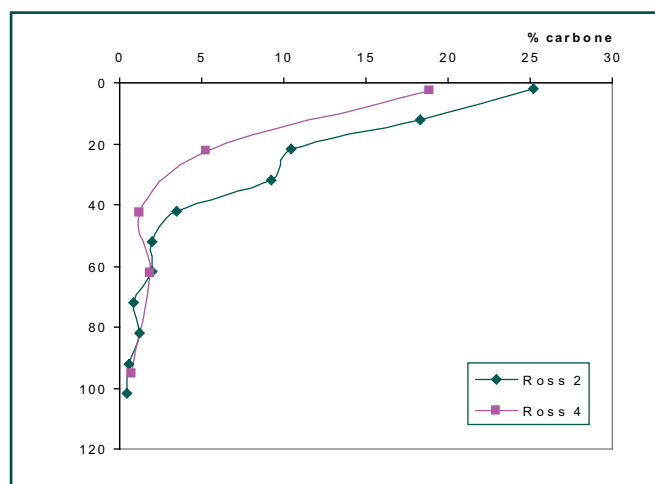


Figure 6 : Répartition du carbone organique en fonction de la profondeur

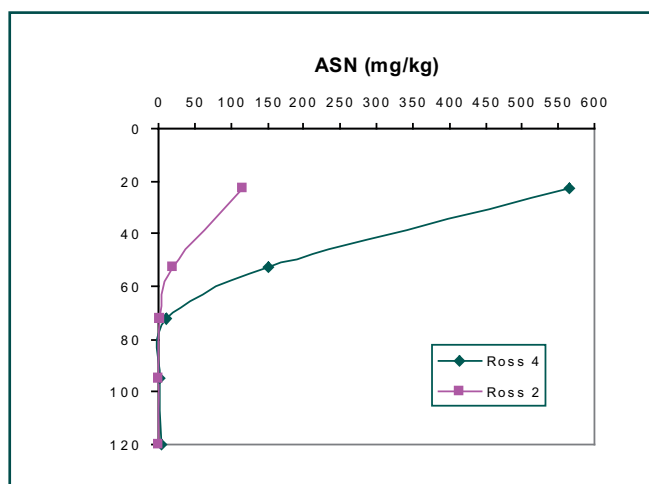


Figure 7 : Répartition des Anthracomasses Spécifiques en fonction de la profondeur

Ces quantités de charbons, importantes sous la surface (2012,7 mg/kg pour Ross 2 et 564,7 mg/kg pour Ross 4), diminuent rapidement avec la profondeur, pour se limiter à quelques mg/kg seulement à partir de 75 cm.

5. - Discussion

5.1. - Interprétation des résultats

L'analyse des datations de charbons et de leur détermination préalable (tableau I, figures 4 et 5) nous permet d'élargir notre champ de connaissances des chaumes du Rossberg.

Périodes précédant le Néolithique

La date isolée d'*Abies pectinata* vers 20400 – 18900 cal BC, en plein contexte pléniglaciaire, confirme l'absence de glaciers en altitude lors de la dernière glaciation. A cette époque, seuls des glaciers de cirques et de vallées étaient présents dans les Vosges, dont la vallée de la Thur (Flageollet, 2002 ; Andréoli, 2003). La présence de ligneux, sans doute isolés au vu des conditions climatiques, est donc tout à fait possible, même si les espaces déglacés devaient être occupés par des végétations herbacées. Plusieurs hypothèses peuvent être émises sur l'origine, anthropique ou naturelle, de ce charbon, sans qu'il soit actuellement possible d'en exclure aucune. L'origine naturelle semble peu probable du fait du climat froid et sec de cette période ; le rôle de la foudre n'est toutefois pas exclu. Quant à l'hypothèse d'une origine anthropique du feu, elle pourrait par exemple être liée au passage d'un groupe de chasseurs.

La présence du pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) vers 10700-9200 et 9170-8740 cal BC signale une colonisation des versants par une végétation ligneuse pionnière, suite au réchauffement climatique post-glaciaire (De Valk, 1981 ; Edelman, 1985). Dans ce cas, la question de l'origine des feux reste là aussi posée.

Période néolithique

Le Tilleul (*Tilia platyphyllos*) est daté de l'optimum climatique holocène, vers 5930-5720 cal BC. De plus, il a été trouvé sur l'adret (Ross 2), ce qui correspond à une situation ensoleillée, préférée par cette espèce. Les conditions climatiques de l'époque expliquent qu'on le trouve plus haut qu'actuellement.

Fagus silvatica est une espèce actuellement très répandue sur les versants et sommets vosgiens, jusqu'à 1250/1300 m. Un charbon daté de 4500-4340 cal BC apparaît sur Ross 2, vers 1070-1080 m. La comparaison avec plusieurs diagrammes palynologiques (De Valk, 1981 ; Edelman, 1985) souligne qu'à cette époque, *Fagus* existe dans la composition des forêts, mais pas sous le faciès connu actuellement comme hêtraie-sapinière.

Le noisetier (*Coryllus avellana*), daté de 2460-2200 cal

BC, est une espèce héliophile qui se trouve préférentiellement dans des faciès arbustifs de recolonisation (anciens pâturages abandonnés ou friches) ou dans des faciès forestiers très ouverts (forêt naturelle ouverte, ou clairière naturelle). C'est le cas actuellement sur un lambeau de forêt "naturelle" au Rossberg. Il est donc difficile de trancher entre une présence naturelle, liée à l'existence de faciès forestiers relativement ouverts, et une prolifération liée à l'exploitation du milieu dès le Néolithique final.

Protohistoire

Acer pseudoplatanus et *Fagus silvatica* sont représentés au Bronze final (respectivement 1430-1110 et 1220-1000 cal BC). Communs à cette époque dans les Vosges, ces deux charbons semblent indiquer une nette présence forestière sur les 2 versants étudiés du Rossberg.

3 charbons de genévrier (*Juniperus communis*), dont les dates ne sont pas significativement différentes, ont été datés de 380-180 cal BC, 240-50 cal BC et 210-40 cal BC. La présence de cette espèce, caractéristique d'espaces ouverts abandonnés ou sous-pâturés, atteste de l'existence des chaumes depuis au moins le 2^e Age du Fer. Elle indique une phase d'abandon, suivie d'une réouverture délibérée par le feu.

Il est remarquable de noter que sur l'ensemble de la Protohistoire, seules les périodes du Bronze final et du 2^e Age du Fer apparaissent.

Période gallo-romaine

Les dates de l'époque gallo-romaine sont en relative continuité avec l'époque précédente, et semblent correspondre à une (re)fermeture du milieu après le 2^e Age du Fer : *Populus sp.* (50 cal BC-90 cal AD), bien que non déterminé à l'échelle spécifique, pourrait correspondre à *Populus tremula* (tremble). En effet, seul *P. tremula* semble être présent sur les contreforts vosgiens et les sommets (jusqu'à 1330 m), *P. nigra* et *P. alba* restant plutôt confinés à la vallée du Rhin et à la plaine d'Alsace (Issler *et al.*, 1965). Or cette espèce est exigeante en lumière, et caractéristique des lisières et clairières. Sa présence correspondrait alors à un abandon des chaumes, sur un versant qui, quelques dizaines d'années auparavant, voire de façon contemporaine, était déjà envahi par du genévrier commun. La phase de feu peut être interprétée comme une tentative de réouverture du milieu.

Moyen-Age

L'activité pastorale au Haut Moyen-Age s'est développée après une période déconnectée de l'époque gallo-romaine. En effet, une période relativement longue entre la fin de l'Empire gallo-romain et le Haut Moyen-Age apparaît. *Abies pectinata*, *Fagus silvatica* et *Acer pseudoplatanus*, datés respectivement de 530-650, 650-830 et 660-830 cal AD, sont des espèces communes des forêts d'altitude vosgiennes. Une raréfaction des feux semble avoir lieu dès la fin du Moyen-Age, puisque seul 1 charbon est daté

du Bas Moyen-Age (*Acer pseudoplatanus*, 1300-1370 cal AD), et qu'aucune date n'émaille l'époque moderne. Le Moyen-Age constitue donc la dernière phase au cours de laquelle le feu est employé pour exploiter le milieu. L'absence de passages de feux depuis 650 ans est sans doute liée à la pression agricole et pastorale fortes, et à une évolution des techniques vers d'autres modes de défrichements : charbonnage, surcénage (Reitzer, 1990 ; Garnier, 2004 ; Goepp *et al.*, sous presse). La présence de nombreuses charbonnières dans le massif du Rossberg, dont certaines sont situées sur les chaumes (Goepp *et al.*, sous presse) souligne l'apparition d'un nouveau mode d'exploitation du milieu forestier. Une datation de charbon (tableau I) nous permet de rattacher cette technique au développement industriel des vallées de la Thur et de la Doller au XVIII^e siècle.

5.2. - Apports méthodologiques

Plusieurs constats majeurs peuvent être faits quant à la répartition des charbons de bois dans les sols. D'une part, les anthracomasses (ASN), tout comme le carbone organique de ces sols, diminuent en fonction de la profondeur (fig. 6 et 7). Cette répartition est donc relativement similaire. D'autre part, les âges des charbons de bois dans ces deux profils de sols (fig. 4 et 5) sont répartis aléatoirement avec la profondeur, si l'on se réfère à la droite de régression (Hopkins *et al.*, 1993 ; Carcaillet et Talon, 1996). Enfin, il existe une distribution aléatoire avec la profondeur de charbons d'une espèce donnée datée d'une période donnée. En effet, dans le profil Ross 2, trois charbons de genévrier se situent à des profondeurs variables : 20-25 cm, horizon A₁₂ ; 50-55 cm et 70-75 cm, horizon B, alors que leurs dates ne sont pas significativement différentes. Les deux charbons de genévrier temporellement les plus proches pourraient provenir d'un seul individu. De façon similaire dans le profil Ross 4, deux charbons de pin sylvestre sont situés l'un dans l'horizon A₁₂ (20-25 cm), l'autre dans l'horizon S_{al} (50-55 cm), mais ont des âges relativement voisins, bien que les dates ne se chevauchent pas (10700-9200 cal BC et 9170-8740 cal BC).

Ce triple constat - diminution des anthracomasses avec la profondeur, absence de corrélation âge/profondeur, distribution d'une espèce donnée à des profondeurs variables - apporte la preuve irréfutable de l'importance majeure des processus pédogénétiques sur le brassage et la fragmentation des charbons (Carcaillet, 2001).

La bioturbation, effectuée notamment par les lombriciens, engendre d'intenses remaniements des charbons au sein de ces sols (Johnson, 1990 ; Thinon, 1992 ; Carcaillet, 2001). Bien que s'effectuant plutôt de la surface vers la profondeur, ils sont possible aussi du bas vers le haut, en particulier par l'activité des taupes. C'est d'ailleurs cette intense activité biologique, à laquelle se mêlent un certain nombre de processus chimiques, qui

entraîne une structuration en horizons des sols. Il n'est donc pas étonnant de constater la bonne corrélation entre répartition des anthracomasses (fig. 7) et du carbone organique (fig. 6), cette dernière faisant apparaître un léger palier vers 30 cm, qui provient du passage de l'horizon organique A₁₂ à l'horizon S_{al} (Ross 2). D'autres processus édaphiques peuvent aussi jouer un rôle sur la répartition des charbons dans les sols, en particulier les chablis lors de tempêtes, qui provoquent d'importants remaniements particuliers au sein des sols (Johnson, 1990 ; Carcaillet, 2001). Le colluvionnement peut entraîner des charbons dans la pente, mais aucune trace de remaniements colluviaux ne sont observables au sein des sols étudiés, malgré des pentes relativement fortes de 25 à 40% environ. De plus, les stations se localisent à peu de distance d'une crête (fig. 1), ce qui réduit les apports de matériaux possibles de l'amont. Quant aux pieds de vaches, souvent liés au piétinement animal domestique, ils ne jouent pas en dessous de 20-25 cm de profondeur. De plus, ils n'ont pas été observés sur les stations étudiées, bien que localement présents sur les versants du massif du Rossberg.

6. - Conclusion

L'intensification des feux va de pair avec l'augmentation de la pression anthropique au cours du temps (depuis la Protohistoire surtout, jusqu'au Moyen Age). En effet, 15 dates sur 18 sont postérieures au Mésolithique, réparties sur 7000 ans environ. Les deux tiers des dates se répartissent entre 1430 cal BC et 1370 cal AD, soit sur 2800 ans. L'apparition de phases de feux lors des périodes du Bronze final, du 2^e Age du Fer et du Haut Moyen Age souligne l'importance de l'anthropisation du massif du Rossberg. Ces trois périodes ont en commun :

- l'importance de l'anthropisation de la région liée à des mouvements migratoires de populations de l'Est de l'Europe (influences steppiques), effectuée parfois sous la forme d'invasions. Les phases de feux attestées sur les chaumes sont bien corrélées à ces périodes de migrations. Se pose alors l'hypothèse de l'apport par ces populations allochtones de techniques de défrichements et d'exploitation des espaces pastoraux par le feu ;
- le mode de gestion des espaces pastoraux : les feux pastoraux des espaces montagnards correspondent à un type d'exploitation du milieu différent des techniques liées à l'agriculture itinérante sur brûlis pratiquée dans les plaines et vallées. Hormis depuis le Bas Moyen-Age, ces feux semblent avoir toujours constitué un élément fondamental du système pastoral (Métailié, 1981). Le feu peut être considéré comme un outil destiné à entretenir et à améliorer facilement les espaces pastoraux, favorisant ainsi la pratique et le maintien de l'élevage en montagne ;

- le rôle important de l'élevage dans l'économie, attesté par l'importance des feux. Même si le système agrosylvo-pastoral était fondé sur une exploitation de toutes les ressources naturelles disponibles, l'élevage tenait au sein de la montagne vosgienne une place prépondérante ;
- le mode de gestion des zones forestières, dès le Néolithique : l'exploitation est extensive, le pâturage peut s'effectuer sous forêt, l'émondage y est pratiqué.

Ainsi, les chaumes du massif du Rossberg ont subi, à au moins trois reprises entre le IV^e siècle avant J.C. et le I^e siècle après J.C., des mises à feux délibérées succédant à un abandon ou à une sous-exploitation des chaumes, et au début de leur (re)colonisation par des espèces pionnières comme *Juniperus communis* ou exigeantes en lumière, comme *Populus sp.* Cette sous-exploitation peut avoir pour origine une charge pastorale insuffisante, la présence de l'homme s'avérant trop ténue ou trop irrégulière. L'occupation des chaumes à cette époque pourrait donc n'avoir été qu'épisodique, fonction notamment de la pression anthropique dans les vallées vosgiennes. Cette étude recule nettement l'âge, jusqu'à présent supposé médiéval, des chaumes dites "secondaires" du Rossberg : les charbons de genévrier datés permettent de repousser leur origine au moins jusqu'à l'Age du Fer. D'autres datations confirmeront ou permettront de reculer encore davantage l'origine de ces espaces pastoraux.

Remerciements

Cette étude a été financée par le Programme National Sols et Erosion (PNSE, Institut National des Sciences de l'Univers) et par le programme ECLIPSE (Environnement et Climat du Passé : histoire et Evolution, CNRS), ainsi que par le Service Régional d'Archéologie d'Alsace (DRAC Alsace, Ministère de la Culture et de la Communication). Les auteurs tiennent à remercier MM. Yannick Despert et Christian Schwoehrer du Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges (Bureau des Espaces Naturels) pour leur soutien et leur collaboration.

Bibliographie

ANDRÉOLI R., 2003, *Le Haut-Bassin de la Fecht du Dernier Glaciaire au Postglaciaire : Bilan des travaux, nouvelles données, et perspectives*. Mém. Géo. Physique, DEA 'Sys. Spat. et Env.', ULP Strasbourg I, 128 p.

ARAN D., 1998, *Andosolisation dans les Hautes-Vosges. Conditions de développement et comparaison avec les autres processus de pédogenèse*. CNRS, Centre de Pédologie Biologique, Thèse, Nancy I, 202 p.

BOUDOT J.P., 1974, Etude de quelques associations végétales vosgiennes sur un substrat peu connu et des sols correspondants : Contribution à l'écologie des Grauwackes de la série du Markstein, *Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar*, 55^e vol., p. 89-100.

BOUDOT J.-P., 1976, *Ecologie du paysage et processus de pédogenèse sur les grauwackes de la série du Markstein (Hautes-Vosges)*, Thèse, Strasbourg I, 153 p.

BOYÉ P., 1903, *Les Hautes-Chaumes des Vosges. Etude de géographie et d'économie historique*, Ed. Berger-Levrault, Paris-Nancy, 431 p.

CARBIENER R., 1966, *La végétation des Hautes-Vosges dans ses rapports avec les climats locaux, les sols et la géomorphologie. Comparaison avec la végétation subalpine d'autres massifs montagneux à climat allochtone d'Europe occidentale*, Thèse sciences, Paris, 112 p.

CARCAILLET C., 2001, Soils particles reworking evidences by AMS 14C dating of charcoal, *C.R. Acad. Sc. Paris, Sc. de la Terre et des Planètes, Géosc. de Surface*, 332, p. 21-28.

CARCAILLET C., TALON B., 1996, Aspects taphonomiques de la stratification et de la datation des charbons de bois dans les sols : exemple de quelques sols des Alpes, *Géog. Physique et Quaternaire*, vol 50, n°2, p.233-244.

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, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 91, p. 399-416.

DE VALK, E.J., 1981, *Late Holocene and present vegetation of the Kastelberg (Vosges, France)*, PhD Thesis, Lab. of Palaeobotany and Palynology, Utrecht, The Netherlands, 294 p.

EDELMAN H.J., 1985, *Late glacial and holocene vegetation development of la Goutte Loiselot (Vosges, France)*, Thesis, Lab. of Palaeobotany and Palynology, Univ. of Utrecht, The Netherlands, 197 p.

FLAGEOLLET J.-C., 2002, *Sur les traces des glaciers vosgiens*, CNRS Eds, Paris, 212 p.

GARNIER E., 2004, *Terre de conquêtes, La forêt vosgienne sous l'Ancien Régime*, éd. Fayard, 620 p.

GOEPP S., THINON M., SCHWARTZ D., Sous presse, Feux et façonnement des paysages de chaumes en moyenne montagne tempérée : premiers résultats pédoanthracologiques dans le massif du Rossberg (Vosges haut-rhinoises, France), *Actes du colloque "L'homme et le feu des origines à nos jours"*, Besançon, Sept. 2003, 10 p.

GREGUSS P., 1959, *Holzanatomie des europäischen Laubhölzer und Sträucher*, 330 p., 307 pl., 6 tab., Akadémiai Kiadó Budapest.

HOPKINS M.S., ASH J., GRAHAM A.W., HEAD J., HEWETT R.K., 1993, Charcoal evidence of the spatial extent of Eucalyptus woodland expansions rainforest contractions in North Queensland during the late Pleistocene, *Journal of Biogeography*, 20, p. 357-372.

ISSLER E., LOYSON E., WALTER E., 1965, *Flore d'Alsace – Plaine rhénane, Vosges, Sundgau*, Publ. par la Soc. d'Étude de la Flore d'Alsace, 2^e éd., 1982, 625 p.

JACQUIOT C., 1955, *Atlas d'anatomie des bois des conifères*, Centre technique du Bois, Paris, 2 t., 133 p., 64 pl. H.t. (p.9-15).

JACQUIOT C., TRENARD Y., DIROL D., 1973, *Atlas d'anatomie des bois des Angiospermes (essences feuillues)*, Centre technique du Bois (avec le concours du CNRS), Paris, 2 t., 175 p.

JOHNSON D.L., 1990, Biomantle evolution and the redistribution of earth materials and artefacts, *Soil Science*, vol. 149, n°2, p.84-102.

MÉTAILLIÉ J.-P., 1981, *Le feu pastoral dans les Pyrénées centrales (Barousse, Oueil, Larboust)*, Ed. CNRS Paris, CRP Toulouse, 295 p.

PÉTREQUIN P., JEUNESSE C. (dir.), 1995, *La hache de pierre, carrières vosgiennes et échanges de lames polies pendant la Néolithique (5400-2100 av.J.-C.)*, Paris, Ed. Errance, 128 p.

REITZER J.-L. (dir.), 1990, *Les Vosges du Sud. Du Rossberg au Ballon d'Alsace (histoire, traditions, promenades)*, C.R.V.S. (Centre de Ressources des Vosges du Sud), Editions La Nuée Bleue, Strasbourg, 125 p.

SCHWARTZ D., ROSIQUE T., ALEXANDRE A., GUILLET B., THINON M., DAMBRINE E., ADAM T., CASNER J., GOEPP S., SCHMITT C., 2002, Premiers résultats sur l'histoire des Hautes-Chaumes "primaires" et "secondaires" vosgiennes : une origine anthropique commune, des évolutions contrastées, *Colloque Eclipse (Environnement et Climat de Passé : hiStoire et Evolution) des 21 et 22 oct. 2002*.

SCHWARTZ D., THINON M., GOEPP S., SCHMITT C., CASNER J., ROSIQUE T., WUSCHER P., ALEXANDRE A., DAMBRINE E., MARTIN C., GUILLET B., 2005, sous/presse Premières datations directes de défrichements protohistoriques sur les chaumes secondaires des Vosges (Rossberg, Haut-Rhin). Approche pédoanthracologique. First datings of protohistorical forest clearing on the Vosges grasslands (Rossberg, Haut-Rhin). A pedoanthracological study. *C.R. Acad. Sci. Paris*.

SCHWEINGRUBER, F.H., 1978, *Mikroskopische Holzanatomie. Anatomie microscopique du bois. Microscopical wood anatomy*, Inst. féd. rech. for. Birmensdorf, Zürcher AG, Zug, 226 p.

SCHWEINGRUBER, F.H., 1990, *Anatomie europäischer Hölzer. Anatomy of european woods*, Eidgenöss. Forschungsanst. f. Walf, Schnee u. Landschaft, Birmensdorf, Verlag Paul Haupt, Bern, 800 p.

SIMON A., 1992, Sur les sentiers vosgiens à l'époque préhistorique et romaine. La voie du col du Bonhomme, *Dialogues transvosgiens*, n° double ?, réédition 1992, Edition "ARVA", Ingersheim, 1992, p. 36-43.

TALON B., CARCAILLET C., THINON M., 1998, Etudes pédoanthracologiques des variations de la limite supérieure des arbres au cours de l'Holocène dans les Alpes françaises. (Pedoanthracological studies of the upper tree-limit change during the Holocene in the French Alps), *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 52, Issue 2, p. 195-208.

THINON M., 1992, *L'analyse pédoanthracologique : Aspects méthodologiques et applications*, Thèse Sc. Biologiques, Univ. Droit, Econ. et Sc. d'Aix-Marseille, Fac. Sc. et Tech. de Saint-Jérôme, 317 p.

UHLRICH L., EHRET J.-M., SCHEUBEL J., 1988, L'histoire de la vallée de Maseaux : grandes étapes et dates marquantes. La vallée de Maseaux et le Ballon d'Alsace, *Bull. Soc. Ind. Mulhouse*, 809, p. 113-119.

WALKLEY A., BLACK I.A., 1934, An examination of the Degtjarell method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method, *Soil Sci.*, 37, p. 29-38.