Document généré le 19 juil. 2025 01:04

Géographie physique et Quaternaire

Impact de l'exposition des versants et de l'anthropisation sur la dynamique forestière dans les Alpes du Sud (France)
Impact of exposition and anthropisation on the Holocene forest dynamic in Southern Alps, France
Einfluss der Ausrichtung der Hänge und der menschlichen Einwirkung auf die Walddynamik in den südlichen Alpen (Frankreich)

Serge D. Muller, Fernand David et Stéphanie Wicha

Volume 54, numéro 2, 2000

URI : https://id.erudit.org/iderudit/004857ar
DOI : https://doi.org/10.7202/004857ar

Aller au sommaire du numéro

Éditeur(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (imprimé)
1492-143X (numérique)

Découvrir la revue

Citer cet article

Muller, S. D., David, F. & Wicha, S. (2000). Impact de l'exposition des versants et de l'anthropisation sur la dynamique forestière dans les Alpes du Sud (France). *Géographie physique et Quaternaire*, *54*(2), 231–243. https://doi.org/10.7202/004857ar

Résumé de l'article

Deux petites tourbières, situées sur chacun des versants de la vallée de la Guisane (Alpes françaises internes du Sud), ont fait l'objet d'analyses de pollen et de macro- restes végétaux. Leur étude comparée a permis de préciser le rôle de l'exposition et des activités anthropiques dans la dynamique forestière holocène de la vallée. Le contexte microclimatique lié à l'exposition a déterminé la répartition de la végétation entre 9000 et 4000 étal. BP. En effet, vers 8500 étal. BP, l'ubac était déjà couvert de pinèdes tandis que les boisements de *Pinus* et de *Betula* colonisaient à peine les pentes asylvatiques de l'adret. À partir de 6500 étal. BP, les sapinières sont devenues dominantes sur l'ubac, l'adret étant toujours dominé par les pinèdes. L'émergence de la perturbation anthropique vers 4000 étal. BP se traduisit par la régression des sapinières sur l'ubac et l'ouverture du milieu sur l'adret. Cette dernière est associée à une augmentation importante de la richesse pollinique qui, dans cette étude, se révèle être un bon indicateur des phases forestières et asylvatiques de la végétation environnante. Les activités anthropiques, en modifiant radicalement la végétation de la vallée depuis 4000 ans, masquèrent donc l'influence de l'exposition ; le mélézin couvrit l'ubac tandis que pelouses et pinèdes s'étendaient sur l'adret. La reconstitution de l'histoire de la végétation locale met enfin en évidence l'influence primordiale du milieu environnant sur le développement des sites.

Tous droits réservés © Les Presses de l'Université de Montréal,2000

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter en ligne.

https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/

Cet article est diffusé et préservé par Érudit.

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche.

https://www.erudit.org/fr/

Géographie physique et Quaternaire, 2000, vol. 54, n° 2, p. 231-243, 9 fig., 3 tabl.

IMPACT DE L'EXPOSITION DES VERSANTS ET DE L'ANTHROPISATION SUR LA DYNAMIQUE FORESTIÈRE DANS LES ALPES DU SUD (FRANCE)

Serge D. MULLER*, Fernand DAVID et Stéphanie WICHA, Institut Méditerranéen d'Écologie et de Paléoécologie, Faculté des Sciences de Saint-Jérôme, Case 451, 13397 Marseille cedex 20, France.

RÉSUMÉ Deux petites tourbières, situées sur chacun des versants de la vallée de la Guisane (Alpes françaises internes du Sud), ont fait l'objet d'analyses de pollen et de macrorestes végétaux. Leur étude comparée a permis de préciser le rôle de l'exposition et des activités anthropiques dans la dynamique forestière holocène de la vallée. Le contexte microclimatique lié à l'exposition a déterminé la répartition de la végétation entre 9000 et 4000 étal. BP. En effet, vers 8500 étal. BP, l'ubac était déjà couvert de pinèdes tandis que les boisements de *Pinus* et de *Betula* colonisaient à peine les pentes asylvatiques de l'adret. À partir de 6500 étal. BP, les sapinières sont devenues dominantes sur l'ubac, l'adret étant toujours dominé par les pinèdes. L'émergence de la perturbation anthropique vers 4000 étal. BP se traduisit par la régression des sapinières sur l'ubac et l'ouverture du milieu sur l'adret. Cette dernière est associée à une augmentation importante de la richesse pollinique qui, dans cette étude, se révèle être un bon indicateur des phases forestières et asylvatiques de la végétation environnante. Les activités anthropiques, en modifiant radicalement la végétation de la vallée depuis 4000 ans, masquèrent donc l'influence de l'exposition ; le mélézin couvrit l'ubac tandis que pelouses et pinèdes s'étendaient sur l'adret. La reconstitution de l'histoire de la végétation locale met enfin en évidence l'influence primordiale du milieu environnant sur le développement des sites.

ABSTRACT *Impact of exposition and anthropisation on the Holocene forest dynamic in Southern Alps, France.* Pollen and plant macrofossil analysis were undertaken on two small peatlands, situated on the facing slopes of the Guisane Valley (internal Southern French Alps). Their comparative study allowed for the determination of the role played by exposition and human activity in the Holocene forest dynamic of the valley. The vegetation distribution between 9000 and 4000 cal. BP was influenced primarily by the microclimatic context related to exposition. During the period around 8500 cal. BP, the northern flank was already covered by *Pinus* forests, while the non-forested southern side was colonised by *Pinus* and *Betula* woodlands. After 6500 cal. BP, *Abies* woodlands and *Pinus* woodlands became dominant on the northern and southern sides, respectively. The onset of human perturbation around 4000 cal. BP caused a retreat of the *Abies* forests on the northern side and an opening of the plant cover on the southern side. The latter is associated to an important increase in pollen abundance, which appears, in this study, to be a good indicator of forested and non-forested phases in the surrounding vegetation. Human activities, which radically modified the vegetation of the valley for 4000 years, masked the influence of the exposition; *Larix* forests expanded on the northern side, while the southern side was invaded by grasslands and *Pinus* forests. Finally, the reconstruction of local vegetation history stresses the major influence of the surrounding environment on sites development.

ZUSAMMENFASSUNG *Einfluss der Ausrichtung der Hänge und der menschlichen Einwirkung auf die Walddynamik in den südlichen Alpen (Frankreich).* In zwei kleinen Torfmooren, die auf den zwei gegenüberliegenden Hängen des Guisan-Tals (innere französiche Südalpen) gelegen sind, hat man Pollen und pflanzliche Makroreste analysiert. Ihr vergleichendes Studium erlaubte, die Rolle der Ausrichtung und der menschlichen Aktivitäten auf die Walddynamik des Tals im Holozän zu bestimmen. Der mikroklimatische Kontext in Verbindung mit der Ausrichtung hat die Verteilung der Vegetation zwischen 9000 et 4000 kal. v.u.Z. bestimmt. In der Tat war die Schattenseite schon gegen 8500 kal. v.u.Z. von Kiefernwäldern bedeckt, wohingegen die Bewaldung der nichtbewaldeten Hänge der Sonnenseite durch *Pinus* und *Betula* gerade erst begann. Ab 6500 kal. v.u.Z. wurden die Tannenwälder vorherrschend auf der Schattenseite, wogegen auf der Sonnenseite immer noch Kiefernwälder vorherrschten. Das Einsetzen menschlicher Störung gegen 4000 kal. v.u.Z. führte zu einem Rückgang der Tannenwälder auf der Schattenseite und einer Öffnung des Milieus auf der Sonnenseite. Letztere bringt man mit einer bedeutenden Zunahme des Pollen-Reichtums in Verbindung , was in dieser Studie ein guter Indikator für die Phasen mit und ohne Wald in der Vegetation der Region zu sein scheint. Die menschlichen Aktivitäten haben also, indem sie die Vegetation des Tals seit 4000 Jahren radikal verändert haben, den Einfluss der Ausrichtung kaschiert ; *Larix*-Wälder breiteten sich auf der Schattenseite aus, während Wiesen und Kiefernwälder sich auf der Sonnenseite ausdehnten. Die Rekonstruktion der Geschichte der lokalen Vegetation betont schließlich den vorrangigen Einfluss des umgebenden Milieus auf die Entwicklung der Plätze.

Manuscrit reçu le 3 juin 1999 ; manuscrit révisé accepté le 17 juillet 2000
* Adresse électronique : serge.mullers@lbhp.u-3mrs.fr

INTRODUCTION

La végétation actuelle de nombreuses vallées des Alpes françaises présente une répartition contrastée entre les versants opposés. Ce phénomène est particulièrement visible en Briançonnais (fig. 1), dans les Alpes internes du Sud, où les versants exposés au nord (ubacs) sont dominés par des mélézins tandis que les versants exposés au sud (adrets) sont couverts de pelouses et de pinèdes (Cadel et Gilot, 1963 ; Ozenda, 1985). Quelle peut être l'origine de ce contraste entre versants ? Le contexte microclimatique lié à l'exposition est susceptible d'y avoir joué un rôle : les ubacs présentent en effet des températures hivernales plus rigoureuses et une sécheresse estivale moins marquée que les adrets (Cadel et Gilot, 1963 ; Ozenda, 1985). En Briançonnais, cette opposition microclimatique adret-ubac est en outre amplifiée par une forte xéricité générale, qui permet de considérer cette région comme le pôle d'aridité des Alpes françaises (Cadel et Gilot, 1963 ; Ozenda, 1985). Le Briançonnais se situe enfin à proximité des deux grandes limites biogéographiques des Alpes françaises (fig. 1 ; Ozenda, 1985), dans un contexte de multiples influences bioclimatiques qui favorise également l'opposition microclimatique entre adret et ubac. Toutefois, les activités humaines ont souvent eu dans les Alpes une influence déterminante sur les dynamiques forestières holocènes (voir, par exemple, Coûteaux, 1983 ; Beaulieu *et al.*, 1994 ; Küster, 1994 ; Richoz *et al.*, 1994 ; Haas, 1996). Le caractère pionnier des formations végétales actuelles du Briançonnais est d'ailleurs interprété comme l'indice d'une forte pression anthropique passée (Cadel et Gilot, 1963). Cette interprétation n'a cependant pas été vérifiée par les travaux paléoécologiques antérieurs (Becker, 1952 ; Fauquette, 1995 ; Fauquette et Talon, 1995 ; Nakagawa, 1998 ; Nakagawa *et al.*, 2000).

Cette étude a été entreprise dans la vallée de la Guisane (fig. 1) afin d'y préciser le rôle respectif du microclimat et de l'homme dans la dynamique forestière holocène. L'influence microclimatique de l'exposition a été interprétée par l'analyse pollinique comparée de deux petites tourbières (Jacobson, 1979) situées en face l'une de l'autre sur chacun des deux versants (fig. 1). La petite taille de ces deux sites permet de les considérer comme de bons enregistreurs de l'histoire de la végétation environnante (Jacobson et Bradshaw, 1981 ; Prentice, 1985). Toutefois, la faible précision apportée par l'analyse palynologique quant à l'origine spatiale du pollen piégé (David, 1992 ; Beaulieu *et al.*, 1993) nous a amené à lui associer une étude macrofossile qualitative dans le but de préciser la présence locale de certains taxons (Coûteaux, 1984). L'analyse couplée du pollen et des macrorestes végétaux permet d'appréhender les changements de la végétation à différentes échelles spatiales (Gaudreau *et al.*, 1989). Le modèle des aires sources polliniques, initialement proposé pour des zones non montagnardes (Janssen, 1973 ; Jacobson et Bradshaw, 1981) a pour cela été transposé en milieu alpin : le pollen d'origine locale, produit à moins de 20 m du bord du site, correspond à l'émission des plantes qui poussent sur la bordure ou en bordure immédiate du siter ; le pollen extralocal provient des plantes qui se développent entre 20 et plusieurs centaines de mètres du site et caractérise la végétation du versant ; le pollen régional est émis dans un rayon de 30 km, ce qui correspond au territoire de la vallée ; le pollen d'origine lointaine, enfin, provient des régions extérieures à la vallée.

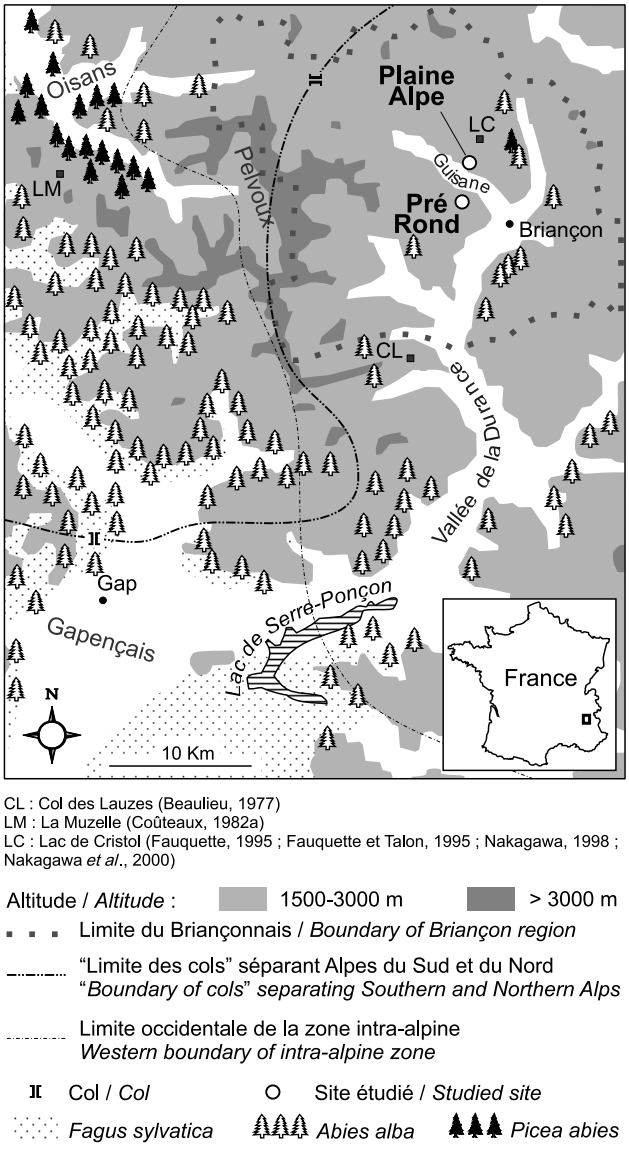

FIGURE 1. Localisation des sites d'étude.
Location of the studied sites.

La corrélation des deux analyses polliniques est fondée sur le signal régional commun aux deux sites. Elle implique la définition d'une chronologie pour l'histoire de la végétation régionale, qui est basée sur trois datations au radiocarbone par spectométrie de masse à l'aide d'un accélérateur de particules (SMA ou, en anglais, AMS pour *Accelerator Mass Spectrometry*), sur les travaux antérieurs effectués dans le Briançonnais (Becker, 1952 ; Fauquette, 1995 ; Fauquette et Talon, 1995 ; Nakagawa, 1998 ; Nakagawa *et al.*, 2000) et sur les études réalisées dans les régions adjacentes (Coûteaux, 1970, 1981, 1982a, 1982b ; Beaulieu, 1977 ; Wegmüller, 1977 ; David, 1993, 1995 ; Nakagawa, 1998).

Les objectifs de notre étude sont de déterminer : (1) l'ancienneté et l'évolution du contraste de végétation entre adret et ubac, (2) les rôles respectifs de l'exposition et des activités anthropiques dans son déterminisme et (3) l'influence du milieu environnant sur l'évolution de la végétation locale.

DESCRIPTION DES SITES ET DE LA VÉGÉTATION RÉGIONALE

Les tourbières du Pré Rond et de Plaine Alpe sont localisées dans la basse vallée de la Guisane, elle-même située dans les Alpes internes du Sud (fig. 1). Les deux tourbières se font face, à 3,5 km l'une de l'autre, sur chacun des deux versants de la vallée. Ces derniers présentent un important contraste microclimatique : l'ubac est caractérisé par des températures hivernales plus rigoureuses et une sécheresse estivale moins marquée que l'adret (Cadel et Gilot, 1963 ; Ozenda, 1985).

Le Pré Rond (fig. 2, tabl. I) est une petite tourbière située sur une pente, à l'arrière d'un cordon morainique (Barféty et Lemoine, 1970). Le substratum est constitué de formations houillères, recouvertes en amont du site par des éboulis de nature diverse (Barféty et Lemoine, 1970). La végétation locale est dominée par les sphaignes (*Sphagnum* sp.) et les Cyperaceae, mais comprend également *Molinia caerulea*, *Selaginella selaginoides* et *Tofieldia calyculata*. Autour de la tourbière, se développe un mélézin subalpin caractérisé par une composition floristique complexe (Ozenda, 1981). Ce peuplement abrite en effet des espèces des sapinières internes, des espèces montagnardes ombrophiles associées à *Fagus sylvatica* dans les régions externes et intermédiaires, ainsi que des taxons plus mésophiles.

La tourbière de Plaine Alpe (fig. 3, tabl. I) appartient à un ensemble de petits sites humides qui occupent des replats localisés sur des affleurements houillers, au sein de dépôts glaciaires et de versants glissés (Barféty et Lemoine, 1970). Les formations végétales de ces zones humides, assimilées au *Molinion caerulae* (Bidault, 1970), sont caractérisées par la présence de Cyperaceae, d'*Equisetum palustre*, de *Menyanthes trifoliata*, de *Selaginella selaginoides* et de *Tofieldia calyculata*. Le complexe tourbeux, entaillé de profondes tranchées de drainage, se développe au sein de pelouses xérophiles à *Festuca rubra* et *Festuca paniculata* subsp. *spadicea* (Cadel et Gilot, 1963 ; Bidault, 1970). Quelques boisements de pins à crochets (*Pinus uncinata*), de pins sylvestres (*Pinus sylvestris*) et de bouleaux verruqueux (*Betula pendula*) attestent la reprise forestière de l'adret conséquente à la réduction des activités agropastorales. Des peuplements de mélèzes (*Larix decidua*) issus de reboisements se développent également sur l'adret, principalement dans la partie supérieure de la vallée (Cadel et Gilot, 1963 ; Bidault, 1970).

Le sapin (*Abies alba*) est actuellement absent de la vallée de la Guisane. Il est toutefois présent dans le Briançonnais (fig. 1), où il constitue des boisements localisés dans l'étage subalpin jusqu'à 2000 m d'altitude. Cette localisation atypique des sapinières du Briançonnais, supérieure en altitude à celle des sapinières des Alpes externes, témoigne d'une résistance particulière au froid (Cadel et Gilot, 1963). Les deux types de sapinières se distinguent également par un cortège floristique différent (Chas, 1994). En particulier, la présence de *Luzula luzulina* et *Listera cordata* permet de considérer les sapinières du Briançonnais comme de vieilles forêts (M. Barbero, comm. pers.). Le hêtre (*Fagus sylvatica*) et l'épicéa (*Picea abies*) sont actuellement absents du Briançonnais, à l'exception de quelques stations très réduites de *Picea abies* (fig. 1 ; Cadel et Gilot, 1963 ; Bidault, 1970). Leurs plus proches peuplements importants se situent dans le Gapençais et l'Oisans (fig. 1 ; Ozenda, 1985).

FIGURE 2. Pré Rond (1800 m d'altitude, ubac). Quelques *Salix myrsinifolia* se développent sur la tourbière encadrée par des bois de mélèzes (*Larix decidua*). On aperçoit, en arrière-plan, les boisements de pins (*Pinus sylvestris* et *uncinata*) qui ont colonisé le bas des pentes de l'adret. Cliché S.D. Muller, septembre 1997.

Pré Rond (1800 m a.s.l., northern side). Some Salix myrsinifolia *grow on the mire surrounded by larch (*Larix decidua*) woodlands. We can see in the background the forest of pines (*Pinus sylvestris *and* uncinata*) which colonise the bottom of the southern side. Photograph S.D. Muller, September 1997.*

TABLEAU I

Caractéristiques et coordonnées des sites

Site	Exposition	Longitude	Latitude	Altitude	Superficie
Pré Rond	Ubac	6° 35' 39'' E	44° 55' 08'' N	1800 m	600 m^2
Plaine Alpe	Adret	6° 35' 39'' E	44° 57' 50'' N	1850 m	200 m^2

La nomenclature botanique utilisée est conforme à Kerguélen (1993).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les sondages ont été réalisés avec un carottier russe dont la chambre de prélèvement mesure 60 x 7 cm. Les carottes ont été prélevées dans les zones centrales des tourbières, aux endroits présentant les plus grandes profondeurs de tourbe. Chaque profil est constitué de plusieurs segments, prélevés alternativement dans deux trous distants de 20 cm.

Les très faibles concentrations polliniques trouvées dans plusieurs niveaux des deux sites ont motivé l'extraction du pollen par séparation sur liqueur dense (Nakagawa *et al.*, 1998). Plusieurs échantillons ont préalablement fait l'objet

FIGURE 3. Plaine Alpe (1850 m d'altitude, adret). La tourbière, située à l'extrémité est d'un replat tourbeux, est traversée de part en part par une tranchée de drainage. Deux pins à crochets (*Pinus uncinata*), accompagnés de jeunes plants, se développent en bordure de la dépression. Au premier plan, les pelouses à *Festuca rubra* sont parsemées de genévriers nains (*Juniperus communis* subsp. *nana*). Cliché S.D. Muller, septembre 1997.

Plaine Alpe (1850 m a.s.l., southern side). The mire, situated at the eastern extremity of a peaty plateau, is crossed by a drainage ditch. Two Pinus uncinata*, accompanied by seedlings, develop on the edge of the depression. In the foreground, some* Juniperus communis *subsp.* nana *grow into grasslands characterised by* Festuca rubra*. Photograph S.D. Muller, September 1997.*

de comparaisons entre la méthode conventionnelle (Berglund et Ralska-Jasiewiczowa, 1986) et la séparation sur liqueur dense : les échantillons traités par la seconde méthode s'avéraient plus riches en pollen et ne présentaient aucune évidence de perte sélective.

Une analyse qualitative des macrorestes végétaux a été réalisée sur neuf tronçons de carotte de 4 à 6 cm d'épaisseur, totalisant des volumes compris entre 80 et 130 cm^3. Les macrorestes ont été extraits de la matrice tourbeuse par tamisage sous jet d'eau. Les bois et rhizomes trouvés au cours de l'analyse stratigraphique ont également fait l'objet d'identifications. Les déterminations de graines ont été réalisées à l'aide des ouvrages de Bertsch (1941) et Schoch *et al.* (1988) et les identifications de bois à l'aide de l'ouvrage de Schweingruber (1990).

Les diagrammes polliniques ont été construits à l'aide du programme GPalWin (Goeury, 1997). Les pourcentages polliniques sont calculés sur une somme excluant le pollen d'origine locale des hydrophytes et des taxons tourbicoles, ainsi que les spores de Ptéridophytes (Berglund et Ralska-Jasiewiczowa, 1986). Le nombre de grains comptés dans la somme pollinique varie entre 300 et 500 grains par niveau. La zonation pollinique est basée sur les fluctuations des courbes polliniques régionales (Moore et Webb, 1978 ; Faegri et Iversen, 1989). La notation des taxons polliniques et des macrorestes est conforme à la nomenclature définie par Birks et Birks (1980) : la mention « type » regroupe plusieurs taxons impossibles à distinguer par leur pollen ou leurs macrorestes et la mention « cf. » est utilisée si la détermination taxinomique est incertaine.

Trois datations au radiocarbone par SMA ont été réalisées sur des macrorestes terricoles par le Laboratoire de Radiocarbone de Lyon, France. Les dates au radiocarbone conventionnelles ont été étalonnées à l'aide du programme CALIB 4.0 (Stuiver et Reimer, 1993). Les dates étalonnées sont notées étal. BP (années calendaires *before present*).

RÉSULTATS

L'analyse stratigraphique des deux profils met en évidence la présence de plusieurs lits d'argile au sein des dépôts tourbeux plus ou moins humifiés (fig. 4 et 5). Ces lits traduisent d'importantes phases d'érosion des versants, elles-mêmes conséquences de déforestations massives.

Les données macrofossiles (tabl. II) mettent en évidence la présence locale passée d'*Abies alba* et de *Pinus* type *sylvestris-uncinata* dans les deux sites. Elles attestent également la présence d'*Acer* cf. *platanoides*, d'*Alnus* sp., de *Sambucus* sp. et de Rosaceae type *Rubus idaeus* au Pré Rond, ainsi que de Cyperaceae (*Eleocharis* cf. *palustris*, *Carex* sp.) à Plaine Alpe. Les datations par SMA (tabl. III) permettent à la fois de dater la présence des taxons et de fixer le cadre temporel pour la corrélation des deux diagrammes polliniques.

Les limites de l'analyse pollinique à reconstituer de manière spatialisée la végétation émettrice ont été notées par David (1992) et Beaulieu *et al.* (1993). Les caractéristiques de production et de dispersion polliniques des principaux taxons arboréens peuvent toutefois apporter quelques précisions de cet ordre. En particulier, les fortes production et dispersion qui caractérisent le pollen de *Pinus* obligent à considérer son enregistrement pollinique comme reflétant un apport régional (Coûteaux, 1981). La présence locale de ce taxon ne peut en conséquence être déduite que de la présence de macrorestes. En revanche, la faible dispersion du pollen d'*Abies* et surtout de *Larix* (Beaulieu, 1977 ; Peterson, 1983) permet d'interpréter les fluctuations des courbes polliniques de ces deux taxons en termes de modifications de leurs populations locales et extralocales. La répartition actuelle de *Fagus* et de *Picea* (fig. 1) permet en outre d'attribuer la présences pollinique irrégulière de ces deux taxons à un apport lointain.

Le diagramme sporopollinique du Pré Rond (fig. 4) a été subdivisé en quatre zones polliniques :

Zone PR1 : pinède. Très forts pourcentages de *Pinus* associés à la présence de macrorestes de *Pinus* type *sylvestris-uncinata*.

Zone PR2 : sapinière. Augmentation des pourcentages d'*Abies alba* associée à la présence de macrorestes ; chute régulière des pourcentages de *Pinus*, également associée à la présence de macrorestes.

Zone PR3 : mélézin. Augmentation des pourcentages de *Larix decidua* ; chute des pourcentages polliniques d'*Abies* et de *Pinus* ; première observation des céréales à 110 cm. La fin de la zone PR3 est marquée par d'importantes modifications des taxons locaux : chute des pourcentages des spores monolètes, pic d'*Alnus* et augmentation des pourcentages de *Selaginella selaginoides*.

Zone PR4 : mélézin. Maintien des importants pourcentages de *Larix decidua* ; première observation de *Juglans* à

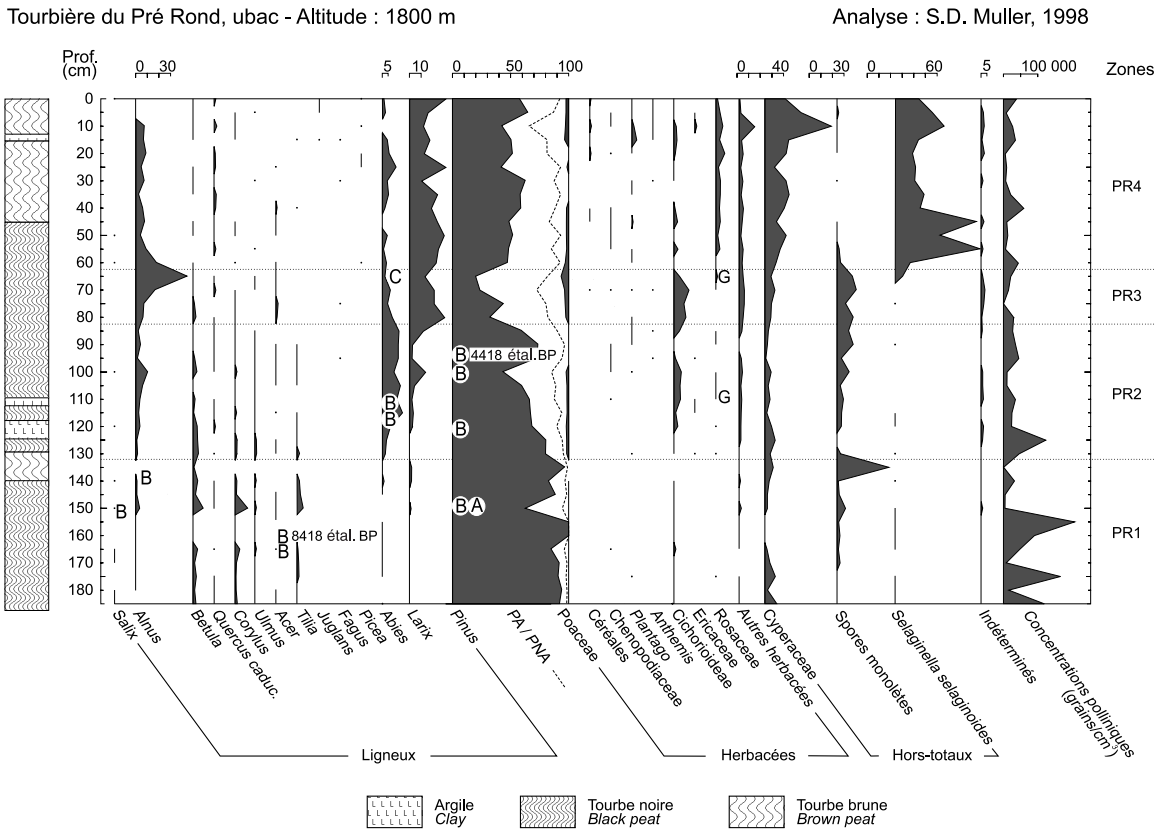

FIGURE 4. Diagramme pollinique simplifié du Pré Rond (ubac). Les dates au radiocarbone, en années étalonnées BP, sont notées en regard des macrorestes datés. La légende de la stratigraphie est donnée sous le diagramme. Les taxons réunis dans la catégorie « hors-total » ont été exclus de la somme pollinique. Légende. PA : pollen arboréen ; PNA : pollen non arboréen ; A : aiguille ; B : bois ; C : charbon de bois ; G : graine ; R : rhizome.

Simplified pollen diagram of the Pré-Rond (northern side). Radiocarbon dates, in cal. yrs BP, are noted relatively to the dated macroremains. The legend of the stratigraphy is precised under the diagram. The taxa grouped in the category "hors-total" are excluded of the pollen sum. Legend. PA: arborean pollen; PNA: non-arborean pollen; A: needle; B: wood; C: wood charcoal; G: seed; R: rhizome.

15 cm. La zone PR4 est caractérisée sur le plan local par de forts pourcentages de *Selaginella selaginoides* et par l'augmentation régulière des pourcentages des Cyperaceae.

Le diagramme sporopollinique de Plaine Alpe (fig. 5) a été subdivisé en huit zones polliniques :

Zone PA1 : pinède. Augmentation des pourcentages polliniques de *Pinus* et *Betula* aux dépens de ceux des Poaceae et des autres herbacées ; absence de pollen d'*Abies* et de *Larix* ; pic de *Betula*. La zone PA1 est caractérisée au niveau local par de faibles pourcentages de Cyperaceae, pourtant associés à des macrorestes d'*Eleocharis* cf. *palustris*.

Zone PA2 : pinède. Très forts pourcentages polliniques de *Pinus* ; apparition du pollen d'*Abies alba* et de *Larix decidua*. La fin de la zone PA2 est marquée, sur le plan local, par la chute des pourcentages des Cyperaceae et l'augmentation des pourcentages des spores monolètes.

Zone PA3 : sapinière. Augmentation des pourcentages d'*Abies alba* associée à la présence de macrorestes ; augmentation des pourcentages de *Larix decidua* ; maintien de forts pourcentages de *Pinus* ; début des courbes continues des céréales, de *Plantago* et de *Polygonum*. L'enregistrement local des spores monolètes et les concentrations polliniques présentent d'importantes fluctuations. La zone PA3 est enfin caractérisée par l'enregistrement simultané de *Pediastrum integrum*, *Filipendula* et *Epilobium*.

Zone PA4 : pelouses. Chute des pourcentages du pollen arboréen (principalement représenté par *Pinus*, *Abies* et *Larix*) ; pics des Poaceae, de *Plantago* et des autres herbacées. Le début de la zone PA4 correspond, au niveau local, à la fin de la phase à spores monolètes, *Pediastrum integrum*, *Filipendula* et *Epilobium* et à l'augmentation importante des pourcentages de Cyperaceae, associée à la présence de macrorestes.

Zone PA5 : pinède. Pic du pollen arboréen (principalement représenté par *Pinus*) ; faibles pourcentages d'*Abies alba*, néanmoins associés à des macrorestes.

Zones PA6 : pelouses. Même évolution que PA4, à la seule différence que les faibles pourcentages de *Larix* se trouvent ici associés à la présence de macrorestes ; première observation de *Juglans* à 80 cm.

Zone PA7 : pinède. Même évolution que PA5. Les forts pourcentages de *Pinus* sont associés à la présence de macrorestes.

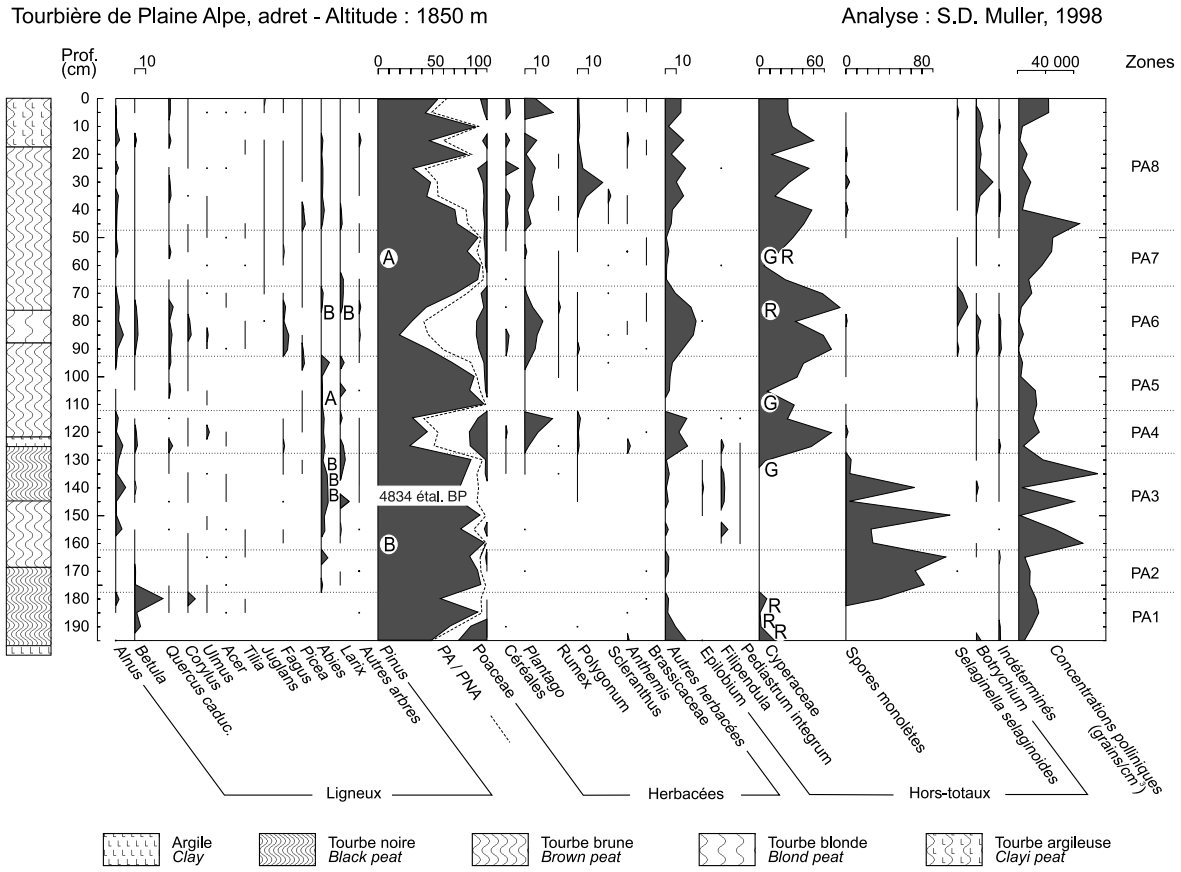

FIGURE 5. Diagramme pollinique simplifié de Plaine Alpe (adret). Voir figure 4 pour les explications.

Simplified pollen diagram of Plaine Alpe (southern side). See Figure 4 for explanations.

Zone PA8 : pelouses. Chute des pourcentages du pollen arboréen et de *Pinus*, suivie de fluctuations importantes ; pourcentages relativement importants des taxons herbacés, avec en particulier un pic de *Plantago* à 30 cm. Au niveau local, la zone PA8 est caractérisée par de fortes fluctuations des pourcentages des Cyperaceae.

Les concentrations polliniques (fig. 6) sont détaillées pour *Abies* et *Larix* en raison de l'importance de ces deux taxons dans la végétation du Briançonnais. Elles confirment les fluctuations présentées par les pourcentages polliniques, mais présentent elles-mêmes d'importantes variations entre certains niveaux consécutifs. À Plaine Alpe, ces variations, relativement similaires pour les deux taxons, pourraient être liées à des modifications du taux d'accumulation de tourbe. En revanche, au Pré Rond, elles semblent mieux traduire les fluctuations des populations concernées.

DISCUSSION

INFLUENCE DE LA COUVERTURE VÉGÉTALE SUR LE PIÉGEAGE DU POLLEN

Les paramètres locaux sont susceptibles d'entraîner des distorsions de la représentation pollinique dans chacun des deux sites. La corrélation des deux enregistrements polliniques nécessite donc, dans un premier temps, de dégager le rôle passé de ces paramètres. Tauber (1965) a, en particulier, mis en évidence le rôle de « filtre pollinique » joué par le feuillage des arbres et arbustes, qui favorise l'apport pollinique local aux dépens de l'apport allochtone. Les changements d'état du couvert forestier sont donc susceptibles d'être traduits par des modifications qualitatives de l'enregistrement pollinique.

La richesse pollinique, définie comme étant la richesse taxinomique des spectres polliniques, est comparée aux zones polliniques précédemment décrites (fig. 7). Les quatre zones du Pré Rond et les premières zones de Plaine Alpe sont caractérisées par de faibles richesses polliniques moyennes (18-24 taxons par spectre), tandis que les dernières zones de Plaine Alpe présentent des valeurs significativement plus élevées (35-37 taxons par spectre). Ces observations permettent de considérer que le Pré Rond fut entouré de forêts tout au long de son histoire et que Plaine Alpe connut deux périodes, respectivement forestière (PA1-PA3) et asylvatique (PA6-PA8). Les zones PA4 et PA5, qui présentent une richesse pollinique intermédiaire, sont interprétées comme une période de transition. L'étude du pollen d'origine lointaine, caractérisé par *Picea* et *Fagus* (fig. 7), appuie cette interprétation. La présence de ces deux taxons est en effet sporadique au Pré Rond et pendant la phase forestière de Plaine Alpe. Leur enregistrement devient

TABLEAU II

Macrorestes végétaux

Site	Niveau (cm)	Taxon	Pièces
Pré Rond	65-70	*Abies alba*	Charbons
		Cenococcum graniforme	Sclérotes
		Indéterminé	Branche
		Pinus type *sylvestris-uncinata*	Aiguilles
		Rosaceae type *Rubus idaeus*	Graines
		Sambucus sp.	Graine
		Sphagnum sp.	Tiges, feuilles
	92	*Pinus* type *sylvestris-uncinata*	Branche
	100	*Pinus* type *sylvestris-uncinata*	Branche
	110-115	Indéterminé	Branche
		Rosaceae type *Rubus idaeus*	Graines
	117	*Abies alba*	Branche
	120	*Abies alba*	Branche
		Pinus type *sylvestris-uncinata*	Branche
	136-140	*Alnus* sp.	Branche
	150-155	*Pinus* type *sylvestris-uncinata*	Branche, aiguilles
		Salix sp.	Branche
	160	*Acer* cf. *platanoides*	Branche ø 1.5 cm
	162	*Acer* cf. *platanoides*	Branche ø 1.5 cm
Plaine Alpe	55-60	*Pinus* type *sylvestris-uncinata*	Aiguilles
		Carex sp.	Graines
		Sphagnum sp.	Tiges, feuilles
		Eleocharis cf. *palustris*	Rhizome
	60-80	*Abies alba*	Branche ø 5 cm
		Larix decidua	Branches ø 2.5 ; 3 ; 4 cm
	78	*Eleocharis* cf. *palustris*	Rhizome
	105-110	Indéterminé	Branche
		Abies alba	Aiguille
		Carex sp.	Graines
	130-135	*Carex* sp.	Graines
	132	*Abies alba*	Branche
	136-139	*Abies alba*	Branche
	142	*Abies alba*	Branche
	160	*Pinus* type *sylvestris-uncinata*	Branche
	184	*Eleocharis* cf. *palustris*	Rhizome
	188	*Eleocharis* cf. *palustris*	Rhizome
	198	*Eleocharis* cf. *palustris*	Rhizome

Les macrorestes de bois ont été identifiés par S. Wicha ; les graines et autres macrorestes par S.D. Muller

ensuite plus régulier pendant la phase de transition pour atteindre les pourcentages maximaux durant la phase asylvatique.

HISTOIRE HOLOCÈNE DE LA VÉGÉTATION DE LA VALLÉE DE LA GUISANE

La corrélation des diagrammes polliniques (fig. 8) est basée sur les événements qui ont influencé la végétation de la vallée (dominée par *Abies*, *Pinus* et *Larix*) et sur les datations au ^{14}C par SMA. L'enregistrement pollinique de *Fagus* et *Picea*, influencé par la situation forestière ou asylvatique des sites, n'a pas été utilisé. Cette corrélation permet de comparer l'évolution de la végétation entre les deux versants de la vallée (fig. 9) afin d'en étudier les déterminismes.

Vers 8500 étal. BP, le Pré Rond était entouré de pinèdes. Le mélèze (*Larix decidua*) était néanmoins présent aux abords du site, comme l'indiquent les observations régulières de son pollen, caractérisé par une très faible dispersion (Beaulieu, 1977 ; Peterson, 1983). Les macrorestes témoignent en outre de la présence locale d'*Acer* cf. *platanoides* autour de 8400 étal. BP. Cette observation et la découverte récente d'une phase pollinique à *Acer* dans un site de la vallée de la Maurienne (David, non publié) mettent en évidence le rôle de ce taxon dans la dynamique forestière holocène des Alpes internes. À la même période, l'adret, dominé par des formations herbacées, fut colonisé par des bétulaies et des pinèdes. Le genre *Betula* est encore représenté non loin de Plaine Alpe par le bouleau verruqueux (*Betula pendula*), qui se développe dans des conditions de recolonisation forestière. L'écologie actuelle de ce taxon pionnier (Rameau *et al.*, 1993 ; David et Barbero, 1995) laisse penser qu'il a pu jouer, dans la colonisation forestière des pentes du Briançonnais, un rôle qui peut être rapproché de son rôle passé dans les Alpes du Nord (David, 1993 ; David et Barbero, 1995). La vallée de la Guisane montre donc, dès le début de l'Atlantique, un contraste de végétation entre ses deux versants qui traduit l'opposition microclimatique liée à l'exposition.

Le sapin (*Abies alba*) apparaît dans l'enregistrement pollinique du Pré Rond avant 8400 étal. BP (fig. 4). En l'absence de macroreste, cet enregistrement précoce est attribué à un apport lointain, comme celui mis en évidence dès 9200 étal. BP au lac de Cristol (fig. 1 ; Nakagawa, 1998). L'établissement et le développement d'*Abies* dans le Briançonnais ont été envisagés par Beaulieu (1977) et Nakagawa (1998) sur la base des seuls pourcentages polliniques. Notre analyse macrofossile, qui atteste la présence passée de ce taxon autour de 6000 étal. BP dans la vallée de la Guisane, vérifie l'hypothèse de ces deux auteurs. Les macrorestes sont toutefois associés à des pourcentages polliniques de 1, 2, 6 et 18 %, ce qui confirme les difficultés rencontrées, en milieu de montagne, pour interpréter les fréquences relatives en terme de présence locale (David, 1992 ; Beaulieu *et al.*, 1993). Les sapinières sont devenues dominantes sur l'ubac vers 6000 étal. BP, tandis que l'adret est demeuré couvert de pinèdes, mettant ainsi encore en évidence l'influence microclimatique de l'exposition. Les macrorestes attestent néanmoins le développement d'*Abies alba* sur l'adret, mais ses faibles pourcentages polliniques

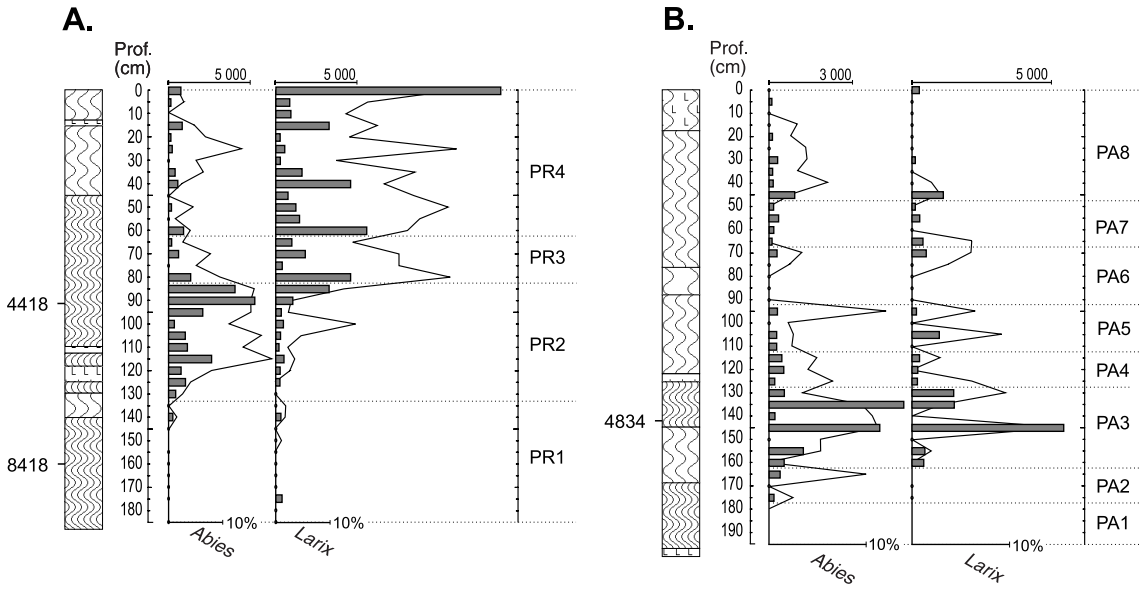

FIGURE 6. Diagrammes des concentrations polliniques d'*Abies* et de *Larix*. A. Pré Rond (ubac). B. Plaine Alpe (adret). Les histogrammes représentent les concentrations (en grains/cm^3) et les courbes, les pourcentages. La légende des symboles stratigraphiques est donnée aux figures 4 et 5. Les dates notées à gauche des logs stratigraphiques sont en années étalonnées BP.

Pollen concentration diagrams of Abies *and* Larix*. A. Pré Rond (northern side). B. Plaine Alpe (southern side). Histograms represent concentrations (in grains/cm^3) and curves represent percentages. The legend of stratigraphic symbols is given in Figures 4 and 5. The dates noted on the left side of the stratigraphic logs are in cal. years BP.*

TABLEAU III

Datations au radiocarbone par SMA

Site	Niveau (cm)	Taxon	Code Laboratoire	Âge ^{14}C (années BP)	Âge calendaire (années étal. BP)	Intervalle de confiance 1σ (68,3 %)	Intervalle de confiance 2σ (95,5 %)
Pré Rond	92	*Pinus* section *sylv.-uncin.*	Lyon-648 (OxA)	3965 ± 50	4418	4510-4407	4566-4255
Pré Rond	160	*Acer* cf. *platanoides*	Lyon-649 (OxA)	7660 ± 65	8418	8461-8390	8573-8360
Plaine Alpe	142	*Abies alba*	Lyon-650 (OxA)	4240 ± 50	4834	4848-4818	4868-4630

laissent penser qu'il y était très probablement limité aux abords des zones humides. Les sapinières de l'ubac atteignaient vraisemblablement 2000 m d'altitude, comme dans la vallée du Vénéon (Coûteaux, 1982a), l'Oisans (Coûteaux, 1982b), et plus au nord dans le Beaufortin (David, 1993). Elles ne formaient toutefois pas la limite supérieure des arbres alors constituée par *Larix decidua* et *Pinus cembra* (Nakagawa, 1998 ; Nakagawa *et al.*, 2000). Au niveau du lac de Cristol (fig. 1), cette limite a atteint et dépassé plusieurs fois 2250 m d'altitude entre 6500 et 2500 étal. BP (Nakagawa, 1998 ; Nakagawa *et al.*, 2000). La limite supérieure des taxons potentiellement arborescents se situait alors sans doute au dessus de 2500 m d'altitude, comme dans la Maurienne (Carcaillet *et al.*, 1998) et le Queyras (Talon *et al.*, 1998).

Vers 4000 étal. BP, la végétation des deux versants de la vallée fut marquée par la régression des formations forestières (fig. 8). La présence d'un lit d'argile à Plaine Alpe (fig. 5) y atteste d'ailleurs l'ouverture locale du couvert forestier. Le développement contemporain de plusieurs taxons indicateurs d'anthropisation tels que les céréales, le plantain (*Plantago*), la renouée (*Polygonum*) et l'oseille (*Rumex*) permet d'attribuer ces événements à des déforestations anthropiques pré-romaines (Behre, 1981). Au cours des siècles suivants, des boisements se reconstituèrent toutefois, au moins localement, comme l'attestent les très forts pourcentages polliniques de *Pinus* et la présence de macrorestes d'*Abies alba*. Sans doute moins radicales sur l'ubac, les activités humaines profitèrent cependant au mélèze (*Larix decidua*) qui y devint l'essence dominante en remplacement du sapin (*Abies alba*). Le piégeage de morceaux de charbon d'*Abies*, simultanément au développement local de taxons héliophiles (*Alnus* sp., *Sambucus* sp. et Rosaceae type *Rubus idaeus* ; fig. 6), révèle l'influence des incendies dans cette transition. Ces incendies peuvent être d'origine naturelle. Toutefois, l'événement de feu enregistré au Pré Rond vers 3000 étal. BP correspond à la première observation des céréales associée aux Chenopodiaceae, à *Plantago* et à *Anthemis* (fig. 4). L'enregistrement pollinique de ces taxons indicateurs d'anthropisation (Behre, 1981), dont le caractère sporadique est

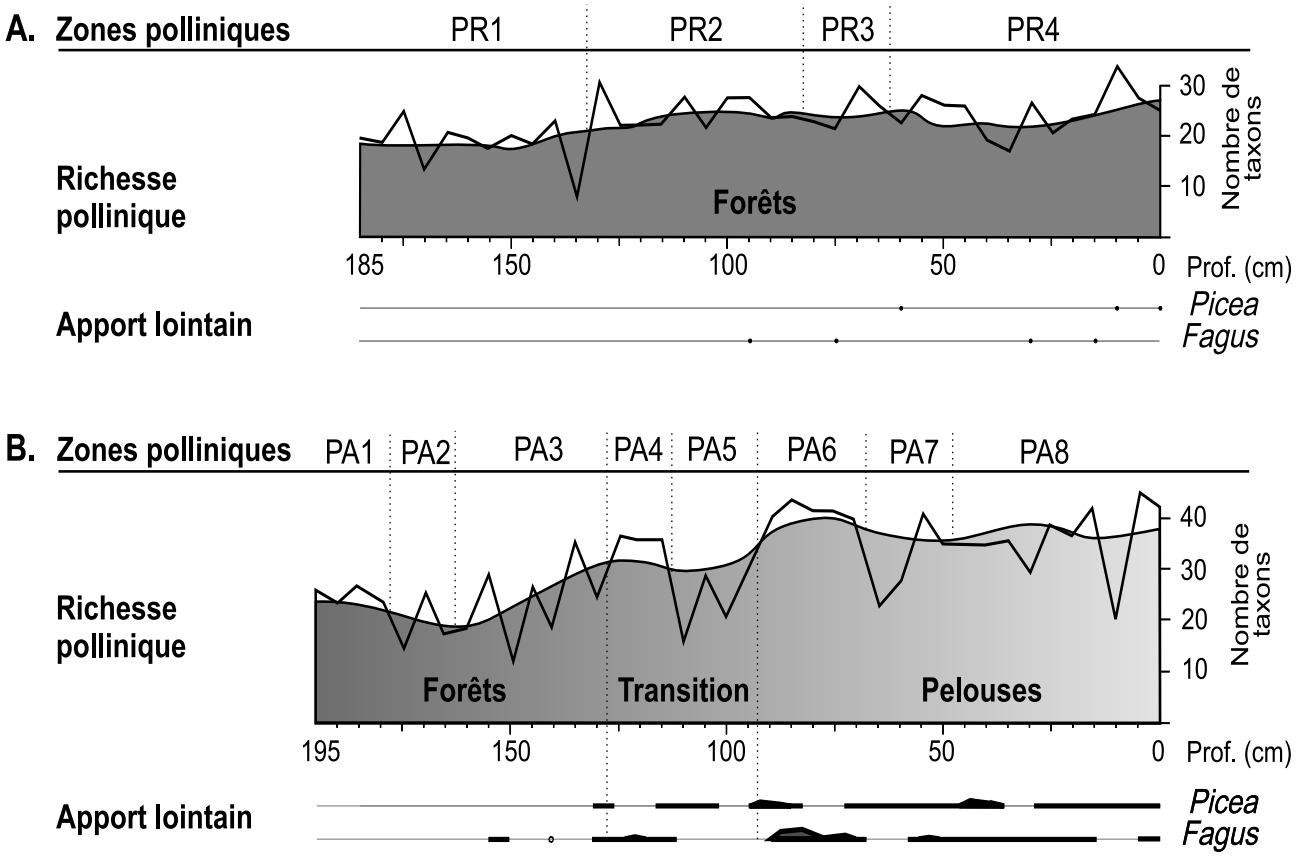

FIGURE 7. Richesse taxinomique des spectres polliniques et apport lointain. A. Pré Rond (ubac). B. Plaine Alpe (adret). Les courbes de tendance (en grisé) correspondent à des moyennes mobiles calculées sur cinq points.

Taxinomic abundance of pollen spectra and long-distance pollen input. A. Pré Rond (northern side). B. Plaine Alpe (southern side). Trend curves (dimmed) correspond to mobile averages calculated on five points.

attribué à l'action filtrante du couvert forestier, traduit l'occupation humaine de la vallée. Il est en conséquence fort possible que l'incendie enregistré au Pré Rond soit d'origine anthropique, comme ceux mis en évidence dès 6000 étal. BP dans la vallée de la Maurienne (Carcaillet, 1998).

La régression du sapin (*Abies alba*) se poursuivit jusqu'au début de l'ère chrétienne vers 2000 étal. BP, où sa disparition locale, coïncidant avec l'apparition du noyer (*Juglans*) dans les spectres polliniques, est attribuée aux défrichements gallo-romains (Küster, 1994). Ces déboisements anthropiques ont d'ailleurs été mis en évidence au lac de Cristol (fig. 1), à 2250 m d'altitude (Fauquette, 1995 ; Fauquette et Talon, 1995 ; Nakagawa, 1998 ; Nakagawa *et al.*, 2000). On peut toutefois noter qu'à la tourbière de la Muzelle (fig. 1), si la disparition de la sapinière coïncide également avec l'avènement de la culture romaine, Coûteaux (1982a) n'y décèle aucun d'indice d'influence humaine. Dans la vallée de la Guisane, la disparition d'*Abies alba* a permis au mélézin de s'étendre sur l'ensemble de l'ubac et de s'y maintenir jusqu'à nos jours. Les déforestations gallo-romaines ont également affecté l'adret, en favorisant le développement des pelouses qui y prédominent encore aujourd'hui. Les pourcentages polliniques de *Pinus* enregistrés à Plaine Alpe présentent au cours des deux derniers millénaires d'importantes fluctuations qui traduisent sans doute les évolutions de pinèdes plus ou moins résiduelles sur le versant en grande partie déforesté.

HISTOIRE HOLOCÈNE DE LA VÉGÉTATION LOCALE DU PRÉ ROND (UBAC) ET DE PLAINE ALPE (ADRET)

Associées aux données polliniques, les données macrofossiles apportent de nombreuses précisions sur l'évolution de la végétation locale des deux sites étudiés. Nous nous contenterons ici d'en esquisser les grandes lignes, en tentant de mettre en évidence les influences du milieu environnant sur l'évolution des sites.

Vers 8400 étal. BP, les deux sites étaient dominés par les Cyperaceae. Les macrorestes attestent au Pré Rond le développement d'un couvert arbustif (*Acer* cf. *platanoides*, *Alnus* sp., *Salix* sp.) sur un tapis de Cyperaceae et de fougères à spores monolètes (fig. 4). Cette formation arbustive ne semble pas avoir subi de modifications jusqu'en 3500 étal. BP, ce qui peut être attribué au maintien du couvert forestier sur l'ubac (fig. 7). À Plaine Alpe, la présence de nombreux rhizomes d'*Eleocharis* cf. *palustris* autour de 8000 étal. BP révèle un milieu suffisamment humide pour permettre le développement de ce taxon. L'apparition de fougères à spores monolètes est mise en évidence dans ce site vers 7500

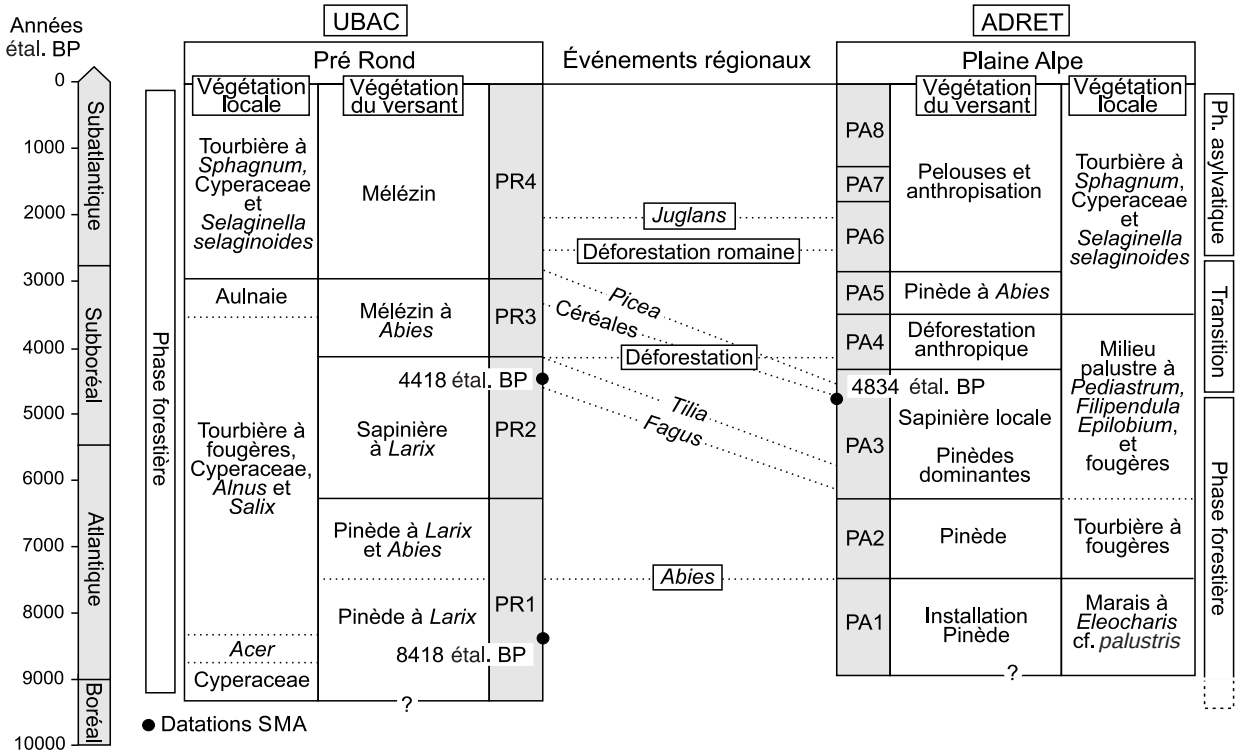

FIGURE 8. Correspondance entre les zones polliniques des deux diagrammes. Dans la colonne « événements régionaux », les noms de taxons correspondent aux événements suivants : apparition d'*Abies*, de *Fagus*, des Céréales, de *Picea* et de *Juglans* ; disparition de *Tilia.*

Correspondence between pollen zones of both diagrams. In the column "événements régionaux", the notations of taxa correspond to the following events: appearance of Abies*,* Fagus*, Cereal,* Picea *and* Juglans*; disappearance of* Tilia.

étal. BP, simultanément à la disparition locale des Cyperaceae et à l'afforestation du site (fig. 5). Entre 6000 et 4000 étal. BP, Plaine Alpe traversa une phase palustre caractérisée au niveau local par le développement d'une végétation riveraine (*Epilobium*, *Filipendula*) et la présence d'algues planctoniques coloniales (*Pediastrum integrum*). La fermeture du couvert forestier autour de Plaine Alpe semble donc responsable d'abord du développement de fougères au dépens du couvert initial de Cyperaceae, puis de l'apparition d'un milieu palustre. L'enregistrement des spores monolètes et les concentrations polliniques présentent durant la phase palustre d'importantes fluctuations qui sont attribuées à des modifications du taux d'accumulation de tourbe.

L'ouverture du milieu est attestée dans les deux sites entre 4000 et 3000 étal. BP, simultanément aux premiers indices d'activité humaine dans la vallée (fig. 8). Cette ouverture, marquée au Pré Rond par la présence de charbons d'*Abies balsamea* et par le développement local d'*Alnus* et de Rosaceae type *Rubus idaeus* (fig. 4), y est attribuée au passage d'un feu. Elle se traduisit au niveau local par la disparition des fougères au profit du développement de *Selaginella selaginoides*, de *Sphagnum* sp. et de Cyperaceae. Cette phase d'ouverture ne fut néanmoins que ponctuelle au Pré Rond, puisque le mélèze (*Larix decidua*) y reconstitua rapidement un milieu forestier (fig. 4). La déforestation des abords de Plaine Alpe paraît avoir été plus radicale. Elle se traduisit d'ailleurs également par d'importantes modifications de la végétation locale : les formations à fougères, *Pediastrum*, *Filipendula* et *Epilobium* disparurent, remplacées par un tapis de sphaignes (*Sphagnum* sp.), de *Carex* sp. et d'*Eleocharis* cf. *palustris* (fig. 5). L'évolution locale des deux sites semble là encore avoir été fortement influencée par les modifications du couvert forestier environnant. Les végétations locales des deux sites ne présentent pas de transformations majeures après 3000 étal. BP, ce qui permet de considérer que les formations actuelles résultent directement de l'impact des perturbations anthropiques pré-romaines.

CONCLUSION

L'étude comparée de Plaine Alpe et du Pré Rond a permis de préciser les influences respectives de l'exposition et des activités anthropiques dans la dynamique forestière holocène de la vallée de la Guisane. Entre 9000 et 4000 étal. BP, l'évolution de la végétation fut commandée par les caractéristiques microclimatiques des versants. Les conditions plus humides de l'ubac y permirent en effet le développement de sapinières, tandis que l'adret resta dominé par des pinèdes. Après 4000 étal. BP, l'influence de l'exposition fut masquée par l'impact des activités humaines. Ces dernières entraînèrent en particulier l'extension du mélézin sur l'ubac et le développement de pelouses et de pinèdes sur l'adret. L'influence de perturbations anthropiques pré-romaines est ainsi pour la première fois mise en évidence en Briançonnais.

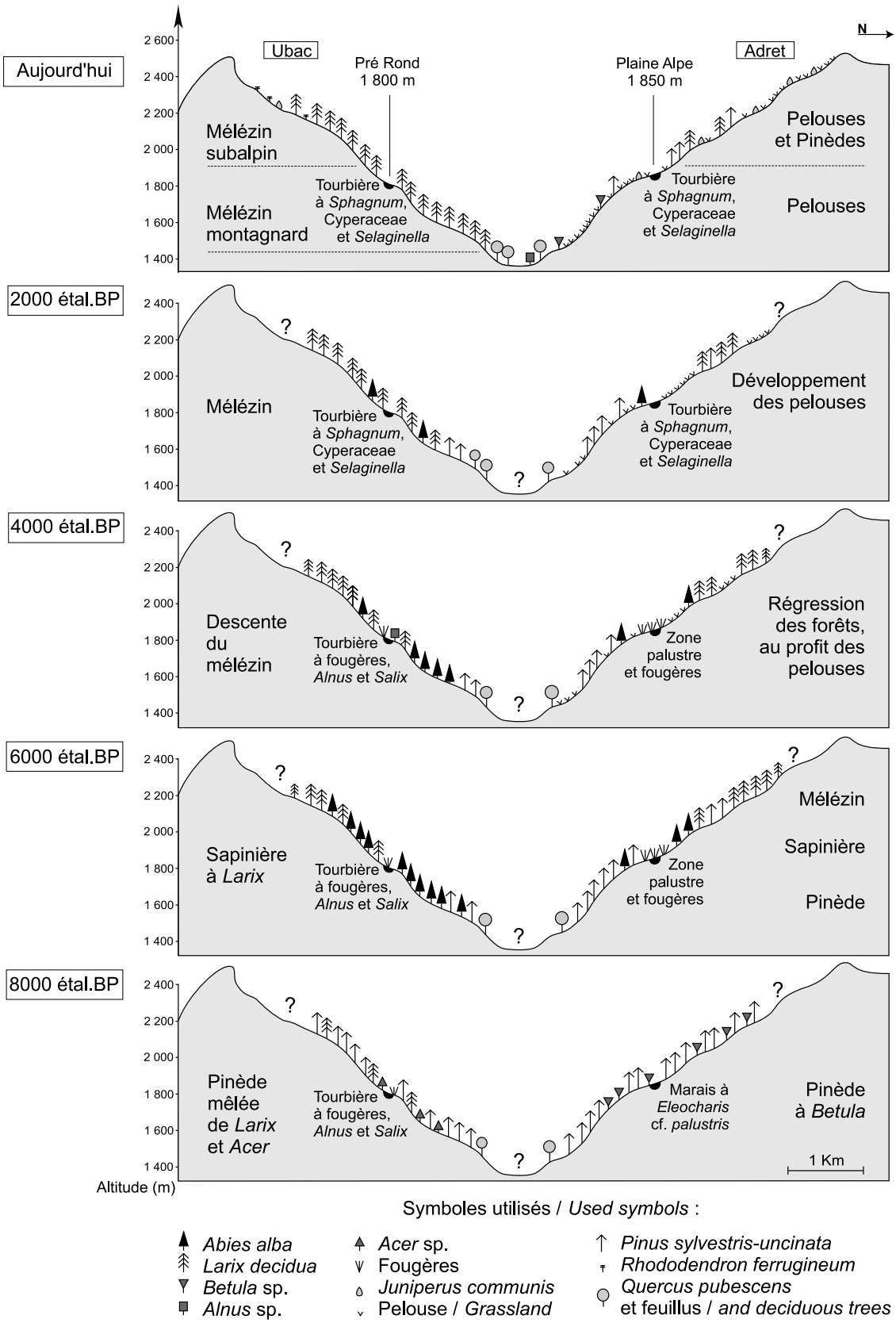

FIGURE 9. Histoire de la végétation de la basse vallée de la Guisane depuis 8000 ans étal. BP.

History of the Guisane low valley's vegetation since 8000 yr cal. BP.

Les résultats obtenus permettent de préciser le statut des formations végétales actuelles de cette région. Les pelouses et pinèdes des adrets traduisent le maintien des activités anthropiques depuis plus de 3000 ans. Le mélézin subalpin de la vallée de la Guisane apparaît comme un peuplement de substitution, ce qui explique sa composition floristique hétérogène (Ozenda, 1981). Les sapinières de la haute vallée de la Durance peuvent en outre être considérées comme des populations reliques de la sapinière potentielle de l'Atlantique et du Subboréal, ce qui confirme également les observations actuelles (Chas, 1994 ; Cadel et Gilot, 1963 ; M. Barbero, comm. pers.).

L'analyse couplée du pollen et des macrorestes a, de plus, permis de préciser l'évolution de la végétation locale. Cette évolution reflète l'influence majeure du milieu environnant. Toutes les modifications enregistrées au niveau local ont en effet pu être reliées à des transformations importantes du couvert forestier. L'absence apparente de tout processus autogène dans le développement des deux tourbières peut sans doute être imputée à leurs faibles superficies.

Le rôle passé de l'exposition dans la vallée de la Guisane permet enfin de considérer cette vallée comme une illustration à petite échelle de l'opposition climatique Alpes du Sud - Alpes du Nord. L'adret, dont l'histoire holocène est dominée par *Pinus*, se rapproche des Alpes internes du Sud ou « Alpes sèches » (Beaulieu, 1977). L'histoire de l'ubac, dominée successivement par *Abies alba* et *Larix decidua*, témoigne en revanche de conditions climatiques plus proches de celles des Alpes du Nord (David, 1993). La quasi-absence de *Fagus sylvatica* et de *Picea abies* souligne toutefois deux caractéristiques majeures du Briançonnais, qui le différencient profondément des régions alpines plus septentrionales : sa xéricité générale et la répartition altitudinale des faciès humides.

REMERCIEMENTS

Nous remercions C. Préaud pour son aide sur le terrain, ainsi que A. Cazaubon, F. Guibal, J.-P. Hébrard, A.C. Larouche et M. Thinon pour l'aide apportée dans l'analyse macrofossile. Nous remercions également V. Andrieu, J.-L. de Beaulieu, C. Goeury, T. Nakagawa, M. Reille et A. Vaillant pour leur aide et leurs conseils lors du travail de laboratoire. Nous tenons enfin à remercier J.-L. de Beaulieu, N. Bhiry, C. Carcaillet, P. Gangloff, I. Legeai, P.J.H. Richard et un correcteur anonyme pour leurs suggestions et commentaires qui ont largement contribué à améliorer le texte initial.

RÉFÉRENCES

Barféty, J.-C. et Lemoine, M., 1970. Feuille de Briançon (n° 189), carte géologique de la France au 80.000^{e}. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans-la-Source, 15 p.

Barthélémy, L. et Jolly, M.C., 1989. Milieux de montagne et Palynologie. Acta Biologica Montana, IX : 325-332.

Beaulieu, J.-L. de, 1977. Contribution pollenanalytique à l'histoire tardiglaciaire et holocène des Alpes méridionales françaises. Thèse de Doctorat en Sciences, Université d'Aix-Marseille III, 358 p.

Beaulieu, J.-L. de, Kostenzer, J. et Reich, K., 1993. Dynamique forestière holocène dans la haute vallée de l'Arve (Haute-Savoie) et migrations de *Abies* et *Picea* dans les Alpes occidentales. Dissertationes Botanicae, 196 : 387-398.

Beaulieu, J.-L. de, Richard, H., Ruffaldi, P. et Clerc, J., 1994. History of vegetation, climate and human action in the french Alps and the Jura over the last 15,000 years. Dissertationes Botanicae, 234 : 253-275.

Becker, J., 1952. Étude palynologique des tourbes flandriennes des Alpes françaises. Mémoires du service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine, 11, 61 p.

Behre, K.E., 1981. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. Pollen et Spores, 23 (2) : 225-245.

Berglund, B.E. et Ralska-Jasiewiczowa, M., 1986. Pollen analysis and pollen diagrams, p. 455-484. *In* B.E. Berglund, édit., Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. J. Wiley & Sons, Chichester, 869 p.

Bertsch, K., 1941. Früchte und Samen, Ein Bestimmungsbuch zur Pflanzenkunde der vorgeschichtlichen Zeit. F. Enke, édit., Stuttgart, 247 p.

Bidault, M., 1970. Feuille de Briançon (n° 2), Végétation de la basse Vallée de la Guisane (Hautes-Alpes), carte au 20.000^{e}. Laboratoire de Taxonomie expérimentale et Phytosociologie, Besançon.

Birks, H.J.B. et Birks, H.H., 1980. Quaternary Palaeoecology. E. Arnold, London, 289 p.

Cadel, G. et Gilot, J.-C., 1963. Feuille de Briançon, carte au 100.000^{e}. Documents pour la carte de végétation des Alpes, 1 : 91-141.

Carcaillet, C., 1998. A spatially precise study of Holocene fire history, climate and human impact within the Maurienne valley, North French Alps. Journal of Ecology, 86 : 384-396.

Carcaillet, C., Talon, B. et Barbero, M., 1998. *Pinus cembra* et incendies pendant l'Holocène, 300 m au dessus de la limite actuelle des arbres dans le massif de la Vanoise (Alpes du Nord-Ouest). Écologie, 29 (1-2) : 277-282.

Chas, E., 1994. Atlas de la flore des Hautes-Alpes. Conservatoire botanique national alpin de Gap-Charance, Conservatoire des Espaces naturels de Provence et des Alpes du Sud, Parc national des Écrins, Gap, 816 p.

Coûteaux, M., 1970. Documents nouveaux pour l'histoire holocène de la végétation en Oisans. Documents pour la carte de végétation des Alpes, 8 : 115-129.

____ 1981. Caractérisation pollenanalytique en Oisans des milieux forestiers et des milieux supraforestiers dans l'actuel et dans le passé. Actes du Colloque de Perpignan : La limite supérieure de la forêt et sa valeur de seuil. Perpignan, p. 139-159.

____ 1982a. La tourbière et le glacier de la Muzelle (Parc national des Écrins). Travaux scientifiques du Parc national des Écrins, 2 : 31-52.

____ 1982b. Recherches pollenanalytiques en Oisans : le plateau de Brande (Alpes d'Huez, Isère, France). Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique, 115 : 91-106.

____ 1983. Déboisements d'altitude par les charbonniers de l'Oisans : contribution pollenanalytique. 108^{e} Congrès de la Société Savante de Grenoble, Grenoble, p. 115-129.

____1984. Présence, datages et signification phytosociologique de macrorestes de *Pinus* et de pollens de *Pinus cembra* L. à 2050 m dans le vallon de la Lavey (Massif des Écrins, Isère, France). Paléobiologie, NS : 55-62.

David, F., 1992. Dynamique de la végétation dans les Alpes françaises du Nord. Abstracts of the 8th International Palynological Congress, Aix-en-Provence, p. 31.

____ 1993. Évolutions de la limite supérieure des arbres dans les Alpes françaises du Nord depuis la fin des temps glaciaires. Thèse de Doctorat en Sciences, Université d'Aix-Marseille III, 94 p.

____ 1995. Mise en place des forêts d'altitude en Vanoise et périphérie. Travaux scientifique du Parc national de la Vanoise, XIX : 91-106.

David, F. et Barbero, M., 1995. De l'histoire du genre *Betula* dans les Alpes Françaises du Nord. Review of Palaeobotany and Palynology, 89 : 455-467.

Faegri, K. et Iversen, J., 1989. Textbook of Pollen Analysis. K. Faegri, P.E. Kaland & K. Kzrywinski, édit., J. Wiley & Sons, Chichester, 328 p.

Fauquette, S., 1995. Étude paléoécologique (pollen et macrorestes) d'un site du Briançonnais : le Lac de Cristol (Hautes-Alpes, France). Palynosciences, 3 : 51-68.

Fauquette, S. et Talon, B., 1995. Histoire de la végétation forestière d'un site du Briançonnais : le Lac de Cristol (Hautes-Alpes, France). Compte rendus de l'Académie des Sciences de Paris, série II, t. 321a : 255-262.

Gaudreau, D.C., Jackson, S.T. et Webb, T. III, 1989. The use of pollen data to record vegetational patterns in regions of moderate to high relief. Acta Botanica Nederlandica, 38 : 369-390.

Goeury, C., 1997. GpalWin : gestion, traitement et représentation des données de la paléoécologie. Actes du XV^{e} symposium de l'APLF, Lyon, p. 31.

Haas, J.N., 1996. Pollen and plant macrofossil evidence of vegetation change at Wallisellen-Langachermoos (Switzerland) during the Mesolithic-Neolithic transition 8500 to 6500 years ago. Dissertationes Botanicae, 267 : 1-267.

Jacobson, G.L., Jr, 1979. The palaeoecology of White Pine (*Pinus Strobus*) in Minnesota. Journal of Ecology, 67 : 697-726.

Jacobson, G.L., Jr. et Bradshaw, R.H.W., 1981. The selection of sites for paleovegetational Studies. Quaternary Research, 16 : 80-96.

Janssen, C.R., 1973. Local and regional pollen deposition, p. 31-42. *In* H.J.B. Birks et R.G. West, édit., Quaternary Plant Ecology. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 326 p.

Kerguélen, M., 1993. Index synonymique de la Flore de France. Collection Patrimoines naturels, Vol. 8, Série Patrimoine scientifique, Muséum national d'Histoire naturelle, Secrétariat de la Faune et de la Flore, Paris, 197 p.

Küster, H., 1994. The economic use of *Abies* wood as timber in central Europe during Roman times. Vegetation History and Archaeobotany, 3 : 25-32.

Moore, P.D. et Webb, J.A., 1978. An Illustrated Guide to Pollen Analysis. Hodder & Stoughton, édit., London, 133 p.

Nakagawa, T., 1998. Études palynologiques dans les Alpes françaises centrales et méridionales : histoire de la végétation tardiglaciaire et holocène. Thèse de Doctorat en Sciences, Université d'Aix-Marseille III, 206 p.

Nakagawa, T., Brugiapaglia, E., Digerfeldt, G., Reille, M., Beaulieu, J.-L. de et Yasuda, Y., 1998. Dense-media separation as a more efficient pollen extraction method for use with organic sediment/deposit samples : Comparison with the conventional method. Boreas, 27 (1) : 15-24.

Nakagawa, T., Édouard, J.-L. & Beaulieu, J.-L. de, 2000. A scanning electron microscopy (SEM) study of sediments from Lake Cristol, southern French Alps, with special reference to the identification of *Pinus cembra* and other Alpine *Pinus* species based on SEM pollen morphology. Review of Paleobotany and Palynology, 108 : 1-15.

Ozenda, P., 1981. Végétation des Alpes sud-occidentales, notice détaillée des feuilles 60 Gap - 61 Larche - 67 Digne - 68 Nice - 75 Antibes. Éditions CNRS, Paris, 258 p.

Ozenda, P., 1985. La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen. Masson, Paris, 331 p.

Peterson, G.M., 1983. Recent pollen spectra and zonal vegetation in the western USSR. Quaternary Science Reviews, 2 : 281-321.

Prentice, I.C., 1985. Pollen representation, source area, and basin size: Toward a unified theory of pollen analysis. Quaternary Research, 23 : 76-86.

Rameau, J.-C., Mansion, D., Dumé, G., Lecointe, A., Timbal, J., Dupont, P. et Keller, R., 1993. Flore forestière française. Guide écologique illustré. Tome 2, Montagnes. Institut pour le Développement forestier, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Direction de l'Espace rural et de la Forêt, École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, Dijon-Quetigny, 2421 p.

Richoz, I., Gaillard, M.-J. et Magny, M., 1994. The influence of human activities and climate on the development of vegetation at Seedorf, southern Swiss plateau during the holocene: A case study. Dissertationes Botanicae, 234 : 423-445.

Schoch, W., Pawlik, B. et Schweingruber, F., 1988. Botanische Makroreste - Botanical macro-remains - Macrorestes botaniques. P. Haupt, Berne, 227 p.

Schweingruber, F.H., 1990. Microscopic Wood Anatomy 3^{e} edition. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Birmensdorf, 226 p.

Stuiver, M. et Reimer, P.J., 1993. Extended ^{14}C database and revised CALIB radiocarbon calibration program. Radiocarbon, 35 : 215-230.

Talon, B., Carcaillet, C. et Thinon, M., 1998. Études pédoanthracologiques des variations de la limite supérieure des arbres au cours de l'Holocène dans les Alpes françaises. Géographie physique et Quaternaire, 52 (2) : 195-208.

Tauber, H., 1965. Differential pollen dispersion and the interpretation of pollen diagram. Danmarks Geologiske Undersøgelse, Raekke, 2 (89) : 69 p.

Wegmüller, S., 1977. Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte der französischen Alpen (Dauphiné). P. Haupt, édit., Berne, 185 p.