

Effet des paramètres locaux sur le développement de la végétation dans le Vallon de St. Anna di Vinadio (Alpes Maritimes; Italie)¹

Elena ORTU², Institut Méditerranéen d'Écologie et de Paléoécologie, Faculté des Sciences de Saint-Jérôme, Case 451, 13397, Marseille cedex 20, France; Dipartimento di Biologia Vegetale, Università degli Studi di Torino, Viale Mattioli, 25, 10125, Torino, Italie et Laboratoire de Chrono-Écologie, UFR des Sciences et Techniques, 16 route de Gray, 25030 Besançon cedex, France, eortu@yahoo.com

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

Rosanna CARAMIELLO, Dipartimento di Biologia Vegetale, Università degli Studi di Torino, Viale Mattioli, 25, 10125, Torino, Italie.

Résumé : La pluie pollinique actuelle et l'enregistrement pollinique tardiglaciaire et holocène de deux sites (Laghi dell'Orgials, 2130 m, exposition sud-ouest et Lago delle Fate, 2240 m, exposition est) localisés dans l'étage subalpin sur les deux versants du vallon de St Anna di Vinadio (Alpes Maritimes Italiennes) ont été étudiés. Les données recueillies ont permis de replacer l'évolution de la végétation de cet étage dans le cadre de son histoire régionale et de mettre en évidence les changements dus aux paramètres physiographiques et à l'influence humaine. Au Tardiglaciaire, les deux sites sont environnés de steppes à *Artemisia* et sont situés au-dessus de la limite des arbres formée par les pins. La présence de feuillus mésophiles (*Tilia*, *Ulmus* et *Quercus* caducifoliés) à basse altitude est perçue dès 12 000 BP environ. Avec le passage à l'Holocène, les steppes à armoises sont remplacées par des pelouses à Poaceae. Des différences importantes caractérisent les deux sites au début de l'Holocène : *Betula* connaît un développement important dès 9700 BP à Fate tandis qu'à l'Orgials la présence de *Larix* est enregistrée avant 8000 BP. Les pourcentages élevés de *Pinus* antérieurs à 9000 BP doivent être attribués à des apports lointains dans les deux sites. Après 9000 BP, une pinède subalpine se développe autour de Fate. Le développement de ces essences pionnières précède celui d'*Abies* dans l'étage montagnard, enregistré dans les deux sites autour de 7820 BP. À l'époque romaine (1875 BP), un déboisement important affectant les sapinières de l'étage montagnard et les pinèdes subalpines est responsable de l'ouverture du milieu. L'augmentation des Poaceae à cette époque reflète l'expansion des pâturages à *Nardus stricta*.

Mots clés : Alpes, impact humain, Italie, palynologie, paramètres locaux, végétation.

Abstract: Study of the modern pollen rain and comparison of two pollen sequences covering the Late-Glacial and Holocene periods from two sites in the Subalpine belt (Laghi dell'Orgials, 2,130 m, S-W exposition and Lago delle Fate, 2,240 m, E exposition), one on each side of the St. Anna di Vinadio Valley (Italian Maritime Alps), enabled us to place the vegetation succession of this belt in its regional history, highlighting the differences due to physiographic factors and/or human influence. During the Late-Glacial period the two sites were surrounded by *Artemisia* steppes and located above the timberline formed by pines. Mesophilous deciduous trees (*Tilia*, *Ulmus*, and deciduous *Quercus*) in the lowland are detectable after 12,000 BP. At the transition to the Holocene period, the *Artemisia* steppes were replaced by grasslands. There were considerable differences between the two sites at the beginning of the Holocene: *Betula* became important at Fate after 9,700 BP, while the presence of *Larix* is registered at Orgials before 8,000 BP. High *Pinus* percentages preceding 9,000 BP must be attributed to transport by wind to both sites. After 9,000 BP a subalpine pine woodland developed at Fate. The development of these pioneer taxa preceded the development of *Abies* in the mountain belt, which is registered at both sites at 7,820 BP. During the Roman age (1,875 BP), major deforestation occurred, affecting mountain belt fir-woods and subalpine pine-woods and causing forest opening. The increase of Poaceae since this period is a result of the extension of present-day pastures with *Nardus stricta*.

Keywords: Alps, human impact, Italy, local parameters, palynology, vegetation.

Nomenclature : Pignatti, 1982.

Introduction

Les Alpes Maritimes Italiennes sont remarquables pour leur grande complexité édaphique et géomorphologique à laquelle sont liées la variabilité du couvert végétal des différentes vallées et la présence des nom-

breux microclimats qui caractérisent la région (Barbero, 1970; Bono & Barbero, 1976; Barbero & Ozenda, 1979). Si cette complexité trouve une correspondance partielle dans la végétation actuelle des étages montagnard et collinéen de la région, le subalpin, dominé par des pelouses à *Nardus stricta*, est par contre uniforme dans toute la région. Cependant, cette région des Alpes Maritimes Italiennes n'a que rarement fait l'objet d'études paléobotaniques (Beaulieu, 1977; Arobba & Caramiello,

¹Rec. 2004-09-18; acc. 2004-10-21.

Rédacteur associé : Gilles Houle.

²Auteur correspondant. Adresse courante: Laboratoire de Chrono-Écologie, UFR des Sciences et Techniques, 16 route de Gray, 25030 Besançon cedex, France.

1998a,b; Finsinger, 2001; Ortu, David & Caramiello, 2003), et les études réalisées n'ont porté que sur le secteur sud-oriental, du côté des Alpes Ligures.

La présente étude retrace le développement de la végétation dans le Vallon de St. Anna di Vinadio (CN) avant l'intervention humaine, en tenant compte de la variabilité locale en fonction de plusieurs facteurs tels que l'altitude, l'exposition des versants et la géomorphologie. La reconstruction de la végétation tardiglaciaire et holocène a été réalisée à partir de l'analyse pollinique de deux carottes de sédiments provenant de deux milieux humides à proximité du Col de la Lombarde (Figure 1), dans l'étage subalpin de deux versants opposés du haut Vallon de St. Anna di Vinadio (CN). La comparaison des résultats des analyses polliniques des deux sites est basée sur leur signal commun. La chronologie a été établie à partir de neuf dates au radiocarbone par spectrométrie de masse (AMS: Accelerator Mass Spectrometry) ainsi qu'à partir des travaux antérieurs effectués dans les Alpes Maritimes Franco-italiennes (Beaulieu, 1977; Finsinger, 2001; Ortu, David & Caramiello, 2003). Les différences dans la reconstitution pollinique des deux sites sont interprétées en fonction des nombreux facteurs ayant pu jouer un rôle sur le développement de la végétation durant l'Holocène.

Les objectifs principaux de cette étude sont: 1) caractériser les variations de l'enregistrement pollinique actuel dans les deux sites; 2) décrire l'histoire de la végétation dans le Vallon de St. Anna de Vinadio du Tardiglaciaire jusqu'à nos jours; 3) mettre en évidence l'hétérogénéité végétale dans l'étage subalpin au cours de l'Holocène; et 4) évaluer le rôle de l'action de l'homme.

DESCRIPTION DES SITES ET DE LA VÉGÉTATION DU VALLON

Les milieux humides échantillonnés sont localisés sur les deux versants opposés du haut Vallon de St. Anna de

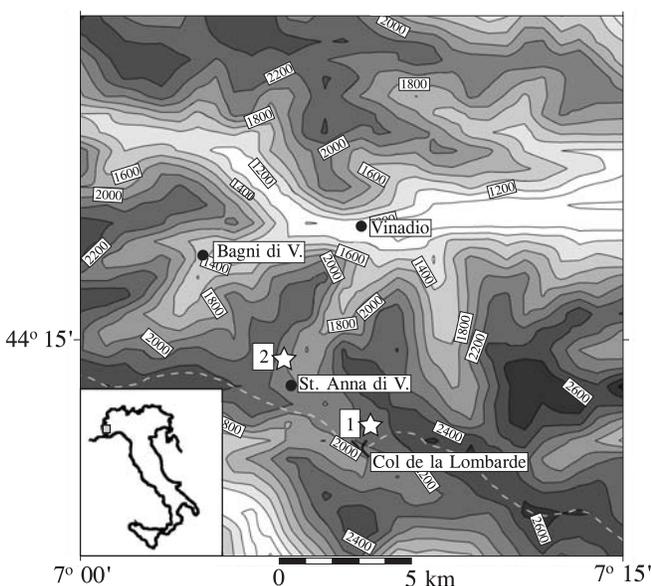


FIGURE 1. Localisation des sites étudiés: 1) Laghi dell'Orgials, 2240 m, versant exposé sud-ouest du Vallon de St. Anna di Vinadio; 2) Lago delle Fate, 2130 m, versant exposé est du Vallon de St. Anna di Vinadio.

Vinadio (Figure 1): la tourbière de Laghi dell'Orgials (2240 m) sur le versant exposé ouest, en proximité du Col de la Lombarde et le lac Lago delle Fate (2130 m) sur le versant exposé est, au-dessus du Sanctuaire de St. Anna. Ces deux sites se trouvent dans l'étage subalpin, qui présente actuellement une certaine homogénéité sur le plan de la composition végétale. Barbero, Bono et Ozenda (1970) classent le subalpin de cette région dans la série subalpine du sapin ou sapinières à *Rhododendron*. La description de la végétation de la vallée est représentée à la Figure 2.

Les groupements végétaux colonisant les deux tourbières et les pelouses environnantes ont fait l'objet de relevés phytosociologiques selon la méthode de Braun-Blanquet (1928); la nomenclature des entités syntaxonomiques est conforme à Mucina *et al.* (1993). Une liste floristique détaillée des espèces présentes sur le site a été compilée.

À 2240 m d'altitude la tourbière de Laghi dell'Orgials est située à l'arrière d'un cordon morainique (Julian, 1976), sur un substrat cristallin (Malaroda, 1970). La végétation actuelle de la tourbière est caractérisée par un groupement de la classe *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*. Dans la strate muscinale, les sphaignes (*Sphagnum* spp.) occupent plus de 80% de la surface. Il faut noter la présence d'espèces du *Nardion strictae* (Tableau I) dont le développement en pelouse caractérise le pourtour immédiat de la tourbière (Tableau II). La tourbière se trouve actuellement au-dessus de la limite de la forêt: les arbres ne sont représentés que par des individus isolés de *Larix decidua* qui ne dépasse pas 2130 m d'altitude et *Pinus cembra*, dont un exemplaire isolé pousse juste au-dessus de la tourbière.

Lago delle Fate, situé sur le versant est à 2130 m, est un lac d'origine glaciaire et de petite taille (10 × 5 m), entouré par une tourbière flottante. Ce lac fait partie d'un ensemble de petits lacs alpins alimentés par l'eau de fonte printanière des neiges, et plusieurs sont actuellement desséchés l'été. Le substratum est un terrain métamorphique constitué essentiellement de migmatites (Julian, 1976). En aval et en amont du lac se trouvent des nombreux éboulis actifs. La zone d'eau libre du lac est colonisée par une seule espèce, *Sparganium angustifolium*. Le groupement végétal dominant de la tourbière est caractérisé par une phytocénose du *Caricetalia davallianae* (cl. *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*) (Tableau I). Les pelouses qui entourent le lac sont colonisées par des groupements du *Nardion strictae* (Tableau II). Sur les pentes environnant le lac s'étendent *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium myrtillus*, *Juniperus nana* et des formations ouvertes de *Larix decidua* avec quelques individus de *Pinus cembra*. Des exemplaires jeunes d'*Abies alba*, ne pollinisant pas, s'installent dans cette formation. Des groupements à *Pinus mugo* se développent en aval du site.

Une liste floristique détaillée des espèces végétales présentes autour des sites est donnée au Tableau III.

Méthodes

Le prélèvement de trois coussinets de mousses (sphaignes) pour l'analyse de la pluie pollinique actuelle a été effectué sur la surface des tourbières étudiées. Les

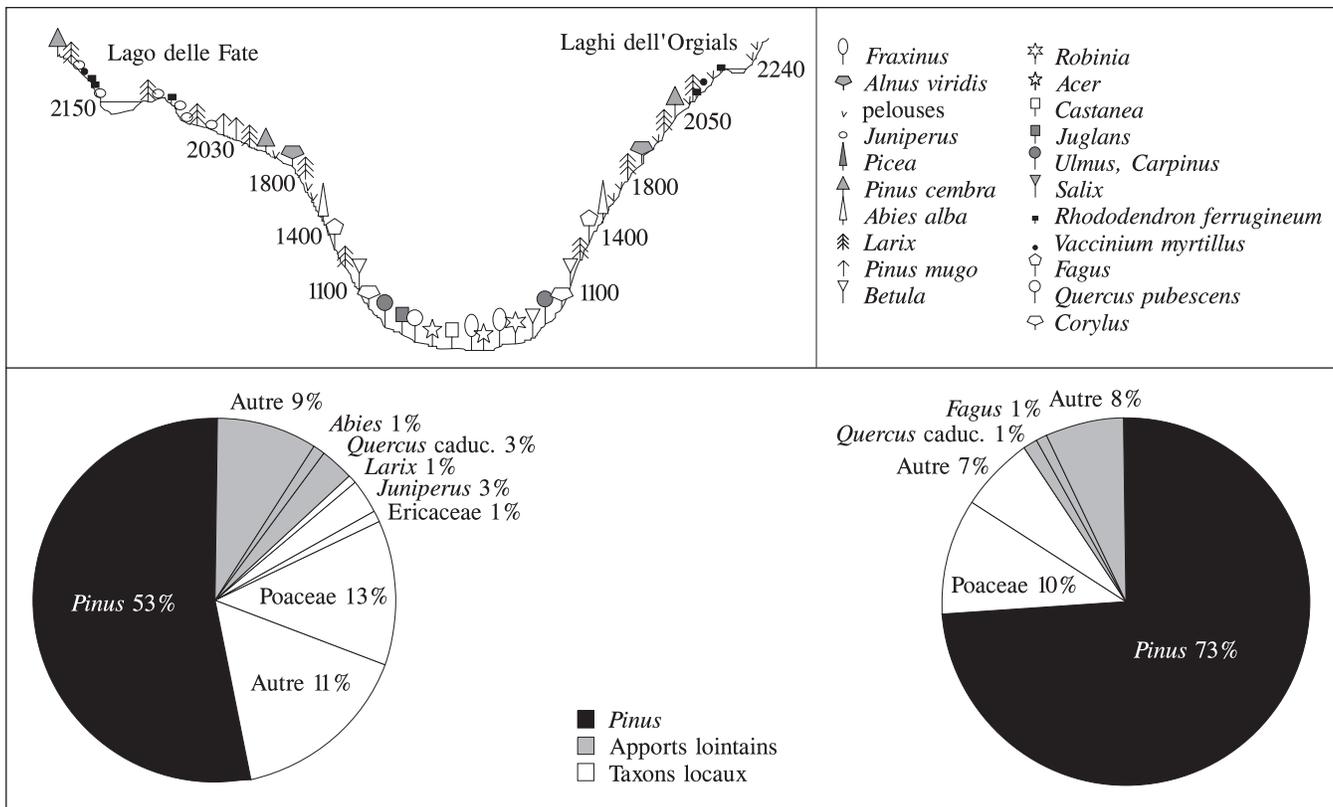


FIGURE 2. Localisation des sites d'étude et étagement de la végétation actuelle dans le vallon de St. Anna di Vinadio. Le signal pollinique actuel enregistré sur les deux sites montre la prédominance du transport lointain dominé par le pin et plus marqué à Laghi dell'Orgials.

résultats présentés dérivent de la moyenne mathématique des données issues de l'analyse des trois échantillons. Les taxons herbacés présents localement et palynologiquement sur-représentés (*Cyperaceae*, *Potentilla erecta*) ont été exclus de la somme pollinique dans le but de rendre les spectres de surface directement comparables aux échantillons fossiles.

Les sondages ont été effectués à l'aide de deux carottiers russes de 60 5 cm et 100 7,5 cm. Les carottages ont été réalisés aux endroits les plus profonds des tourbières. À Laghi dell'Orgials le sondage a été effectué au centre de la tourbière, où l'épaisseur du dépôt atteint 410 cm. À Lago delle Fate le carottage a été réalisé au centre du lac, où le dépôt atteint une profondeur de 280 cm; les 90 cm les plus superficiels de sédiment, formés de vase décomposée, n'ont pu être recueillis.

L'extraction pollinique des sédiments minéralogiques a été effectuée selon la méthode de séparation sur liqueur dense de Thoulet (Goery & Beaulieu, 1979). Les échantillons organiques ont été traités selon la méthode de Berglund & Ralska-Jasiewiczowa (1986).

L'analyse pollinique a été effectuée au microscope optique à immersion, à un grossissement de 500. L'identification des grains de pollen a été réalisée à partir des clés de Moore & Webb (1978) ainsi qu'à l'aide de plusieurs atlas photographiques (Reille, 1992; 1995; 1998) et de la collection de référence de l'IMEP à l'Université Aix-Marseille III.

Les diagrammes polliniques ont été élaborés en utilisant le programme GPalWin (Goery, 1997). Les pour-

centages inférieurs à 1% sont représentés par des points. Un minimum de 400 grains de pollen par niveau a été dénombré. Les spores de ptéridophytes et le pollen des taxons tourbicoles ou hydrophiles ont été exclus de la somme pollinique (Berglund & Ralska-Jasiewiczowa, 1986).

Le matériel datable (des macrorestes ligneux et bryophytes) a été collecté lors de l'échantillonnage pour l'analyse pollinique et identifié (Tableau IV): en l'absence de macrorestes, des débris d'origine végétale de petites dimensions ont été récupérés par tamisage, à l'aide de tamis de 500 et 200 µm. Deux dates sur neuf ont été obtenues à partir d'échantillons de gyttja.

Les datations AMS (Tableau IV) ont été effectuées par le Centre de Datation par le Radiocarbone de l'Université Claude Bernard Lyon 1 et le Poznań Radiocarbon Laboratory. Les neuf dates sont exprimées en années radiocarbone BP. La calibration des dates a été effectuée d'après la courbe proposée par Stuiver *et al.* (1998) (Tableau IV).

Résultats

L'analyse de la pluie pollinique actuelle est présentée à la Figure 2.

À Laghi dell'Orgials le pollen d'origine lointaine domine: le pollen arboréen constitue 83% du spectre, dont 73% de *Pinus* sp., et les taxons locaux, tels que les poacées, autres plantes herbacées et éricacées, ne représentent que 17% du pollen total enregistré. À Lago delle Fate les apports polliniques lointains, bien qu'impor-

TABLEAU I. Relevés de végétation des phytocénoses de tourbière.

Relevé	1	2	3	4	5	6	7	8
Altitude (m)	2240	2240	2240	2240	2130	2130	2130	2130
Exposition	S	-	-	-	E-NE	NE	E-NE	SE
Couverture herbacée (%)	80	100	80	50	100	95	100	100
Couverture muscinale (%)	95	-	80	100	-	10	-	-
Inclinaison (°)	2	0	0	0	2	1	2	1
CARACTÉRISTIQUES DU <i>CARICETALIA FUSCAE</i>								
<i>Carex fusca</i>	2*	3	2	3	3	2	-	-
<i>Viola palustris</i>	2	-	2	1	-	-	-	-
<i>Carex stellulata</i>	-	2	-	-	-	-	-	-
<i>Juncus filiformis</i>	2	-	-	-	-	-	-	-
CARACTÉRISTIQUES DU <i>CARICETALIA DAVALLIANAE</i>								
<i>Eleocharis quinqueflora</i>	2	1	2	2	2	3	4	4
<i>Carex lepidocarpa</i>	-	-	-	-	1	2	2	2
<i>Pinguicula vulgaris</i>	-	-	+	-	-	+	1	2
<i>Tofieldia calyculata</i>	-	-	-	-	+	-	+	2
<i>Parnassia palustris</i>	-	+	-	-	+	-	-	-
<i>Bartsia alpina</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
CARACTÉRISTIQUES DU <i>SCHEUZERIO-CARICETEA FUSCAE</i>								
<i>Eriophorum angustifolium</i>	+	2	2	-	+	2	+	1
CARACTÉRISTIQUES DU <i>NARDION STRICTAE</i>								
<i>Nardus stricta</i>	2	3	2	1	3	-	-	-
<i>Leontodon helveticus</i>	-	-	2	+	-	-	-	-
<i>Trifolium alpinum</i>	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Alopecurus gerardi</i>	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Geum montanum</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Luzula sudetica</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
CARACTÉRISTIQUES DU <i>CALLUNO-ULICETEA</i>								
<i>Potentilla erecta</i>	-	2	-	-	+	-	+	-
<i>Hieracium auricola</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
COMPAGNES								
<i>Alchemilla connivens</i>	-	-	-	-	+	+	+	-
<i>Orchis maculata</i>	-	-	-	-	+	-	+	+

Compagnes faiblement représentées: *Festuca pratensis* : relevé (rel.) 7 (+); *Trifolium pratense* subsp. *nivale*: rel. 5 (+); *Epilobium palustre*: rel. 1 (+); *Euphrasia hirtella*: rel. 7(+), rel. 8 (+); *Soldanella alpina*: rel. 5 (1); *Cerastium holosteoides*: rel. 8 (+); *Lotus alpinus*: rel. 5 (+); *Leontodon hispidus*: rel. 3 (+); *Gentiana rostanii*: rel. 6 (1); *Vaccinium myrtillos*: rel. 2 (+); *Homogyne alpina*: rel. 3 (+), rel. 4 (+); *Blysmus compressus*: rel. 8 (+); *Selaginella selaginoides*: rel. 3 (+); *Polygonum bistorta*: rel. 5 (+).

*Échelle d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (1928): + = <1%, 1 = 1-5%, 2 = 5-25%, 3 = 25-50%, 4 = 50-75%, 5 = 75-100%.

tants, demeurent inférieurs aux apports enregistrés sur le versant opposé: le pollen arboréen atteint 70%, dont 53% de *Pinus* sp., et les taxons locaux tels que les poacées, d'autres plantes herbacées et *Juniperus* sp. dépassent 33%.

Le diagramme palynologique de Laghi dell'Orgials (Figure 3) a été subdivisé en 10 zones polliniques:

Zone OR1: steppe froide à *Artemisia*, Chenopodiaceae, *Ephedra fragilis*; présence d'Ericaceae et *Juniperus*.

Zone OR2: remontée en altitude des pinèdes; pourcentages très élevés de *Pinus*.

Zone OR3: recrudescence de la steppe froide à *Artemisia*; présence continue des feuillus mésophiles (*Quercus caducifolié*, *Tilia* et *Ulmus*).

Zone OR4: développement et remontée en altitude des pinèdes: chutes des taux d'*Artemisia* et pourcentages très élevés de *Pinus*. Apparition du pollen de *Rumex* dans la séquence.

Zone OR5: développement et remontée en altitude du bouleau: diminution des pourcentages de *Pinus* et augmentation de *Betula*. Présence de *Larix*. Augmentation des pourcentages des feuillus mésophiles. Pourcentages élevés de Brassicaceae. Développement d'algues du type *Pediastrum* dans le lac.

Zone OR6: développement et remontée de la sapinière: pourcentages élevés d'*Abies*.

Zone OR7: diminution du pollen arboréen.

Zone OR8: chute des pourcentages arboréens; apparition des taxons indicateurs d'activité anthropique (*Juglans* et *Castanea*).

Zone OR9: dominance des poacées indiquant l'ouverture du milieu.

Zone OR10: diminution du pollen herbacé.

Le diagramme palynologique de Lago delle Fate (Figure 4) a été subdivisé en 10 zones polliniques:

Zone FA1: steppe froide à *Artemisia*, Chenopodiaceae et *Ephedra fragilis*; présence de *Juniperus*.

Zone FA2: remontée en altitude des pinèdes; pourcentages très élevés de *Pinus*, présence continue des feuillus mésophiles (*Quercus caducifolié* et *Tilia*).

Zone FA3: recrudescence de la steppe froide à *Artemisia*.

Zone FA4: recrudescence de *Pinus*.

Zone FA5: recrudescence de la steppe froide à *Artemisia*.

Zone FA6: développement et remontée en altitude des pinèdes: chutes des taux d'*Artemisia* et pourcentages très élevés de *Pinus*. Développement des cypéracées et

TABLEAU II. Relevés de végétation des phytocénoses de pelouse.

Relevé	9	10	11	12	13	14	15
Altitude (m)	2240	2240	2240	2130	2130	2130	2130
Exposition	S-SO	N-NE	O	O	NE	O	SO
Couverture herbacée (%)	85	100	100	95	100	100	100
Couverture lichénique sur roche (%)	-	-	-	5	-	-	-
Inclinaison (°)	45	20	20	15	10	10	5
CARACTÉRISTIQUES DU <i>NARDION STRICTAE</i>							
<i>Nardus stricta</i>	2*	3	3	3	4	4	5
<i>Plantago alpina</i>	2	1	1	3	2	2	1
<i>Alopecurus gerardi</i>	+	+	-	2	1	-	-
<i>Leontodon helveticus</i>	-	-	-	+	-	-	-
<i>Geum montanum</i>	-	+	-	+	-	-	-
<i>Trifolium alpinum</i>	-	+	1	-	-	-	+
<i>Arnica montana</i>	-	-	+	-	-	-	-
CARACTÉRISTIQUES DU <i>CARICETALIA</i> ET DU <i>CARICETEA CURVULAE</i>							
<i>Veronica allionii</i>	+	-	+	+	1	+	-
<i>Dianthus furcatus</i>	-	-	-	+	+	+	-
<i>Sempervivum arachnoideum</i>	+	-	+	-	-	-	-
<i>Ajuga pyramidalis</i>	-	-	-	+	+	-	-
<i>Pedicularis tuberosa</i>	-	-	-	+	+	-	-
<i>Avena versicolor</i>	-	+	+	-	-	-	-
<i>Hieracium glaciale</i>	2	-	-	-	-	-	-
<i>Festuca paniculata</i>	2	-	-	-	-	-	-
<i>Centaurea nervosa</i>	-	-	-	-	2	-	-
<i>Gentiana kochiana</i>	-	-	-	-	-	-	1
<i>Luzula spicata</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Pedicularis kernerii</i>	-	1	-	-	-	-	-
CARACTÉRISTIQUES DU <i>TRISETO-POLYGONION BISTORTAE</i>							
<i>Polygonum bistorta</i>	-	+	-	+	-	-	-
<i>Poa alpina</i>	-	+	+	1	+	-	-
<i>Phyteuma michelii</i>	-	+	-	+	-	-	-
CARACTÉRISTIQUES DE L'ARRHENATERETALIA							
<i>Trifolium pratense</i> subsp. <i>nivale</i>	-	-	-	+	+	-	-
<i>Lotus alpinus</i>	+	2	-	+	-	-	+
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	-	+	1	-	-	-	-
CARACTÉRISTIQUES DE L'ARRHENATERETEA							
<i>Festuca pratensis</i>	-	-	-	1	-	-	-
<i>Carduus carlinaefolius</i>	-	-	-	-	1	-	-
<i>Myosotis alpestris</i>	+	-	-	-	-	-	-
CARACTÉRISTIQUES DU <i>CALLUNO-ULICETEA</i>							
<i>Hieracium pilosella</i>	-	-	-	1	+	2	+
<i>Potentilla erecta</i>	-	-	-	-	-	-	1
<i>Hieracium auricola</i>	-	-	2	-	-	-	-
<i>Thesium alpinum</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Meum athamanticum</i>	+	+	-	+	-	-	+
CARACTÉRISTIQUES DU <i>VACCINIO-PICEETALIA</i>							
<i>Vaccinium myrtillus</i>	-	-	2	+	-	-	-
<i>Homogyne alpina</i>	-	+	-	-	-	-	-
COMPAGNES							
<i>Potentilla brauneana</i>	-	-	-	+	1	2	-
<i>Gentiana rostarii</i>	2	+	-	-	-	-	-
<i>Cerastium arvense</i> subsp. <i>strictum</i>	+	-	-	1	+	-	-
<i>Sagina glabra</i>	-	+	-	+	+	+	-
<i>Ranunculus montanus</i>	-	2	-	+	+	+	1
<i>Carex sempervirens</i>	2	+	-	1	1	-	+

Compagnes faiblement représentées: *Soldanella alpina*: rel. 11 (+); *Carex foetida*: rel. 15 (+); *Carlina acaulis*: rel. 14 (+); *Veratrum album*: rel. 11 (+); *Juncus arcticus*: rel. 11 (1); *Hypericum richeri*: rel. 10 (+); *Orchis maculata*: rel. 12 (+); *Viola palustris*: rel. 11 (+), rel. 10 (+); *Eleocharis quinqueflora*: rel. 10 (+); *Tofieldia calyculata*: rel. 13 (+); *Gnaphalium sylvaticum*: rel. 15 (+); *Rumex acetosella*: rel. 9 (+); *Festuca ovina*: rel. 14 (+), rel. 15 (+); *Thymus serpyllus*: rel. 10 (+); *Silene rupestris*: rel. 9 (+); *Lychnis flos-jovis*: rel. 12 (+).

*Échelle d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (1928): voir Tableau I.

des fougères: augmentation de Cyperaceae et spores monolètes.

Zone FA7: développement et remontée en altitude du bouleau: augmentation de *Betula*.

Zone FA8: diminution de *Pinus*; dominance de *Betula*. Diminution de Cyperaceae et spores monolètes.

Zone FA9: diminution de *Betula*. Reprise des spores monolètes.

TABLEAU III. Liste floristique des espèces présentes sur les deux sites.

	FATE	ORGIALS		FATE	ORGIALS
Selaginellaceae			Convolvulaceae		
<i>Selaginella selaginoides</i>	-	x	<i>Cuscuta epithymum</i>	x	-
Pinaceae			Boraginaceae		
<i>Larix decidua</i>	-	x	<i>Myosotis alpestris</i>	-	x
Cupressaceae			Lamiaceae		
<i>Juniperus nana</i>	-	x	<i>Ajuga pyramidalis</i>	x	-
Urticaceae			<i>Prunella vulgaris</i>	x	-
<i>Urtica dioica</i>	x	-	<i>Thymus serpyllum</i>	x	x
Polygonaceae			Scrophulariaceae		
<i>Polygonum bistorta</i>	x	x	<i>Veronica bellidoides</i>	-	x
<i>Rumex acetosella</i>	-	x	Scrophulariaceae		
<i>Rumex alpinus</i>	x	-	<i>Veronica serpyllifolia</i>	x	x
Caryophyllaceae			<i>Veronica allionii</i>	x	x
<i>Cerastium arvense</i> subsp. <i>strictum</i>	x	x	<i>Euphrasia alpina</i>	-	x
<i>Cerastium holosteoides</i>	x	-	<i>Euphrasia</i> sp.	x	-
<i>Sagina glabra</i>	x	x	<i>Bartsia alpina</i>	x	-
<i>Lychnis flos-jovis</i>	x	-	<i>Pedicularis tuberosa</i>	x	-
<i>Silene rupestris</i>	-	x	<i>Pedicularis kernerii</i>	-	x
<i>Dianthus furcatus</i>	x	-	Lentibulariaceae		
Ranunculaceae			<i>Pinguicula vulgaris</i>	x	x
<i>Aconitum</i> sp.	x	-	Plantaginaceae		
<i>Ranunculus montanus</i>	x	x	<i>Plantago alpina</i>	x	x
<i>Ranunculus aconitifolius</i>	-	x	Campanulaceae		
Guttiferae			<i>Campanula scheuchzeri</i>	x	-
<i>Hypericum richeri</i>	-	x	<i>Phyteuma betonicifolium</i>	x	x
Brassicaceae			Asteraceae		
<i>Hugueninia tanacetifolia</i>	-	x	<i>Solidago virgaurea</i>	-	x
<i>Cardamine asarifolia</i>	-	x	<i>Antennaria dioica</i>	-	x
Crassulaceae			<i>Gnaphalium sylvaticum</i>	x	-
<i>Sempervivum arachnoideum</i>	x	x	<i>Achillea erba-rotta</i>	x	x
<i>Jovibarba allionii</i>	x	-	<i>Artemisia glacialis</i>	-	x
<i>Sedum anacampseros</i>	-	x	<i>Petasites paradoxus</i>	-	x
<i>Sedum alpestre</i>	-	x	<i>Homogyne alpina</i>	x	x
Saxifragaceae			<i>Arnica montana</i>	x	x
<i>Saxifraga stellaris</i>	-	x	<i>Carduus carlinaefolius</i>	x	-
<i>Saxifraga moschata</i>	-	x	<i>Cirsium spinosissimum</i>	x	x
<i>Parnassia palustris</i>	x	x	<i>Centaurea nervosa</i>	x	-
Rosaceae			<i>Carlina acaulis</i>	x	-
<i>Geum montanum</i>	x	x	<i>Leontodon helveticus</i>	x	x
<i>Potentilla brauneana</i>	x	x	<i>Leontodon hispidus</i>	-	x
<i>Potentilla erecta</i>	x	x	<i>Hieracium pilosella</i>	x	-
<i>Alchemilla connivens</i>	x	x	<i>Hieracium auricola</i>	-	x
Fabaceae			<i>Hieracium glaciale</i>	-	x
<i>Trifolium alpinum</i>	x	x	Liliaceae		
<i>Trifolium pratense</i> subsp. <i>nivale</i>	x	-	<i>Tofieldia calyculata</i>	x	x
<i>Lotus alpinus</i>	x	x	<i>Veratrum album</i>	-	x
Geraniaceae			<i>Allium schoenoprasum</i>	-	x
<i>Geranium sylvaticum</i>	x	-	Amaryllidaceae		
<i>Geranium phaeum</i>	-	x	<i>Narcissus poeticus</i>	x	-
Thymelaeaceae			Juncaceae		
<i>Daphne mezereum</i>	-	x	<i>Juncus trifidus</i>	x	x
Violaceae			<i>Juncus jacquini</i>	-	x
<i>Viola palustris</i>	-	x	<i>Juncus filiformis</i>	-	x
<i>Viola biflora</i>	-	x	<i>Juncus arcticus</i>	-	x
<i>Viola calcarata</i>	x	x	<i>Juncus alpino-articulatus</i>	x	-
Onagraceae			<i>Luzula lutea</i>	-	x
<i>Epilobium palustre</i>	-	x	<i>Luzula alpino-pilosa</i>	-	x
Apiaceae			<i>Luzula sudetica</i>	x	-
<i>Meum athamanticum</i>	x	x	<i>Luzula spicata</i>	-	x
Ericaceae			Poaceae		
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	x	x	<i>Poa alpina</i>	x	x
<i>Vaccinium myrtillus</i>	x	x	<i>Festuca paniculata</i>	x	-
Primulaceae			<i>Festuca</i> sp.	-	x
<i>Soldanella alpina</i>	x	x	<i>Festuca pratensis</i>	x	-
Plumbaginaceae			<i>Festuca ovina</i>	x	-
<i>Armeria alpina</i>	x	x	<i>Avena versicolor</i>	-	x
Gentianaceae			<i>Avenella flexuosa</i>	-	x
<i>Gentiana kochiana</i>	x	-	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	x	-
<i>Gentiana rostanii</i>	x	x	<i>Anthoxanthum alpinum</i>	-	x
<i>Gentianella campestris</i>	x	-	<i>Alopecurus gerardi</i>	x	x
			<i>Nardus stricta</i>	x	x

TABLEAU III. Suite.

	FATE	ORGIALS		FATE	ORGIALS
Cyperaceae					
<i>Blysmus compressus</i>	x	-	<i>Carex sempervirens</i>	x	x
<i>Carex foetida</i>	x	-	<i>Carex lepidocarpa</i>	x	-
<i>Carex stellulata</i>	-	x	<i>Eleocharis quinqueflora</i>	x	x
<i>Carex fusca</i>	x	x	Orchidaceae		
<i>Carex pallescens</i>	x	-	<i>Orchis maculata</i>	x	x

 TABLEAU IV. Résultats des datations ^{14}C : code, niveaux et type de matériel daté.

Échantillon	Matériel daté	Identification	Profondeur (cm)	Âge conventionnel (années ^{14}C BP)	Âge calibré (2 σ) (années calendaires BC)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
LAGO DELLE FATE						
LYON-1597(GRA-19336)	Bois	<i>Alnus</i> sp.	133	6480 \pm 100	-5419, -5265	-28,03
LYON-1596(GRA-19335)	Bois	<i>Salix</i> sp.	141	8850 \pm 60	-8232, -7749	28,45
LYON-1595(GRA-19334)	Bois	<i>Salix</i> sp.	171	9300 \pm 60	-8721, -8316	-27,92
LYON-1594(GRA-19331)	Bois	<i>Salix</i> sp.	214	9660 \pm 60	-9245, -8806	-
LAGHI DELL'ORGIALS						
LYON-1599(OXA)	Débris végétaux	-	59	1875 \pm 35	+35, +235 AD	-28,26
Poz-7107	Gyttja	-	142	4670 \pm 35	-	-
Poz-7108	Gyttja	-	234	7820 \pm 40	-	-
LYON-1611(OXA)	Bryophytes	<i>Drepanocladus fluitans</i>	359	9783 \pm 68	-9307, -9166	-
LYON-1598(GRA-19337)	Bryophytes	<i>Drepanocladus fluitans</i>	406	20930 \pm 130	-	-

Zone FA10: développement de la sapinière: pourcentages élevés d'*Abies*. Développement de *Sparganium angustifolium* dans le lac (toujours présent actuellement). Reprise des cypéracées. Apparition de *Picea* et de *Larix*.

L'enregistrement pollinique s'arrête à un âge présumé de 3000 ans BP. Les 90 cm les plus superficiels de sédiment n'ont pas été collectés.

La séquence holocène du Fate a fourni des macrorestes ligneux dont la détermination atteste la présence dans le passé d'*Abies alba*, ainsi que de *Salix*, *Alnus* sp., et d'Ericaceae. Quatre de ces macrorestes ont été datés par AMS (Tableau IV).

Discussion

RELATIONS ENTRE PLUIE POLLINIQUE ET VÉGÉTATION ACTUELLE

Les études actuopalinologiques (Heim, 1970) représentent un élément essentiel pour l'interprétation des données fossiles. En effet, en milieux d'altitudes les conditions locales de piégeage du pollen dépendent principalement, dans les étages asylvatiques, des vents dominants et de la conformation géomorphologique des sites étudiés (David, 1992; 1993a; Beaulieu, Kostenzer & Reich, 1993; Brugiapaglia *et al.*, 1998; Muller, David & Wicha, 2000). Ces conditions dans les sites d'altitude nécessitent de prendre en compte les relations entre les spectres polliniques actuels et l'étagement local de la végétation (Figure 2).

La dominance de *Pinus* dans les spectres polliniques des deux sites (Figure 2) est imputable à la sur-représentation notoire de ce taxon et ne trouve pas de correspondance dans la végétation de la vallée. La présence du pin, répandu dès 2000 m d'altitude, se limite à des formations localisées de *Pinus mugo* et à quelques individus isolés de *Pinus cembra*. La formation dominante dans le haut vallon, dès 1800 m d'altitude, est le mélèzin, en formations fermées qui se raréfient graduellement avec l'altitude.

Bien qu'essence dominante du haut vallon, *Larix decidua* est représenté par des pourcentages très faibles (1%) dans la pluie pollinique actuelle enregistrée sur les deux sites. La sous-représentation pollinique de *Larix* est d'ailleurs bien documentée en littérature (Beaulieu, 1977; Peterson, 1983) et elle est attribuée à la faible dispersion de son pollen. Le pollen d'*Abies* est seulement enregistré à Lago delle Fate, où il atteint 1%. Ce pollen ne peut provenir des quelques individus d'*Abies alba* présents dans le mélèzin du versant à proximité du site car il s'agit d'individus jeunes, non pollinisant. En dehors de ces individus, la présence d'*Abies alba* n'a été notée qu'entre 1400 et 1800 m d'altitude sur les deux versants du vallon. L'écho pollinique de la chênaie qui colonise le vallon en dessous de 1100 m est mieux perçu à Lago delle Fate, où *Quercus* type caducifolié atteint 3%, contre le 1% à l'Orgials. Les taxons locaux herbacés (Poaceae) et arbustifs (Ericaceae, *Juniperus*) se trouvent mieux représentés à Lago delle Fate, où le pollen de *Pinus* est moins important. L'ensemble de ces données montre que l'écho pollinique régional dominé par le pin est plus marqué à Laghi dell'Orgials sur le versant sud-ouest soumis au courant ascendant du bas de la vallée au Col de la Lombarde.

HISTOIRE DE LA VÉGÉTATION DU VALLON DE ST. ANNA DI VINADIO

La corrélation des zones polliniques des deux diagrammes (Figure 5) appuyée par neuf datations au radiocarbone indique des événements ayant influencé le développement de la végétation dans l'ensemble du vallon du Tardiglaciaire jusqu'à l'Actuel.

La base de la séquence dans les deux sites (OR1, FA1) traduit un milieu asylvatique dominé par des taxons herbacés steppiques (*Artemisia*, Chenopodiaceae, *Ephedra*, etc.) caractérisant les steppes froides. Le pollen arboréen présent dans les spectres polliniques de cette période doit être considéré d'origine lointaine.

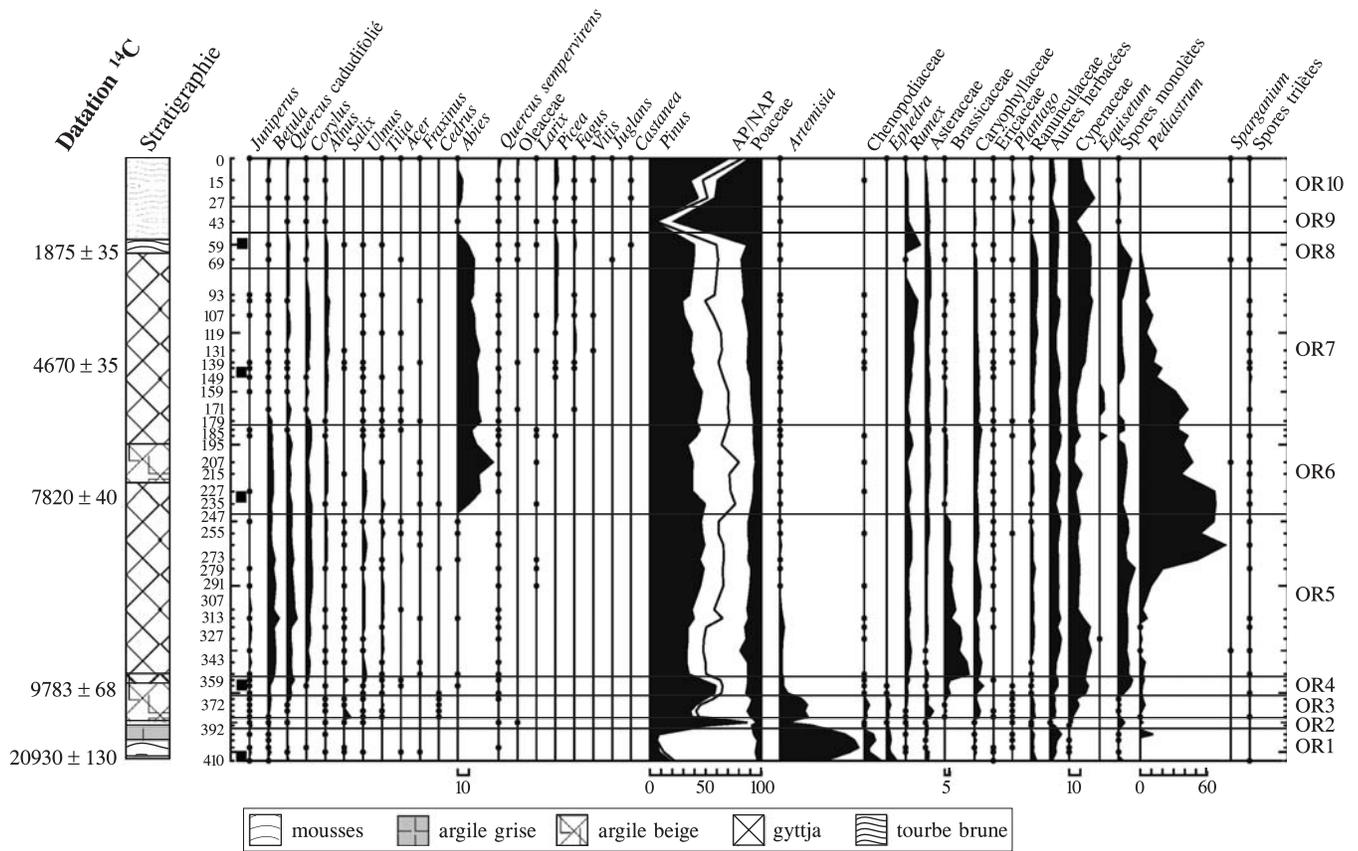


FIGURE 3. Diagramme pollinique simplifié de Laghi dell'Orgials, 2240 m, exposition sud-ouest.

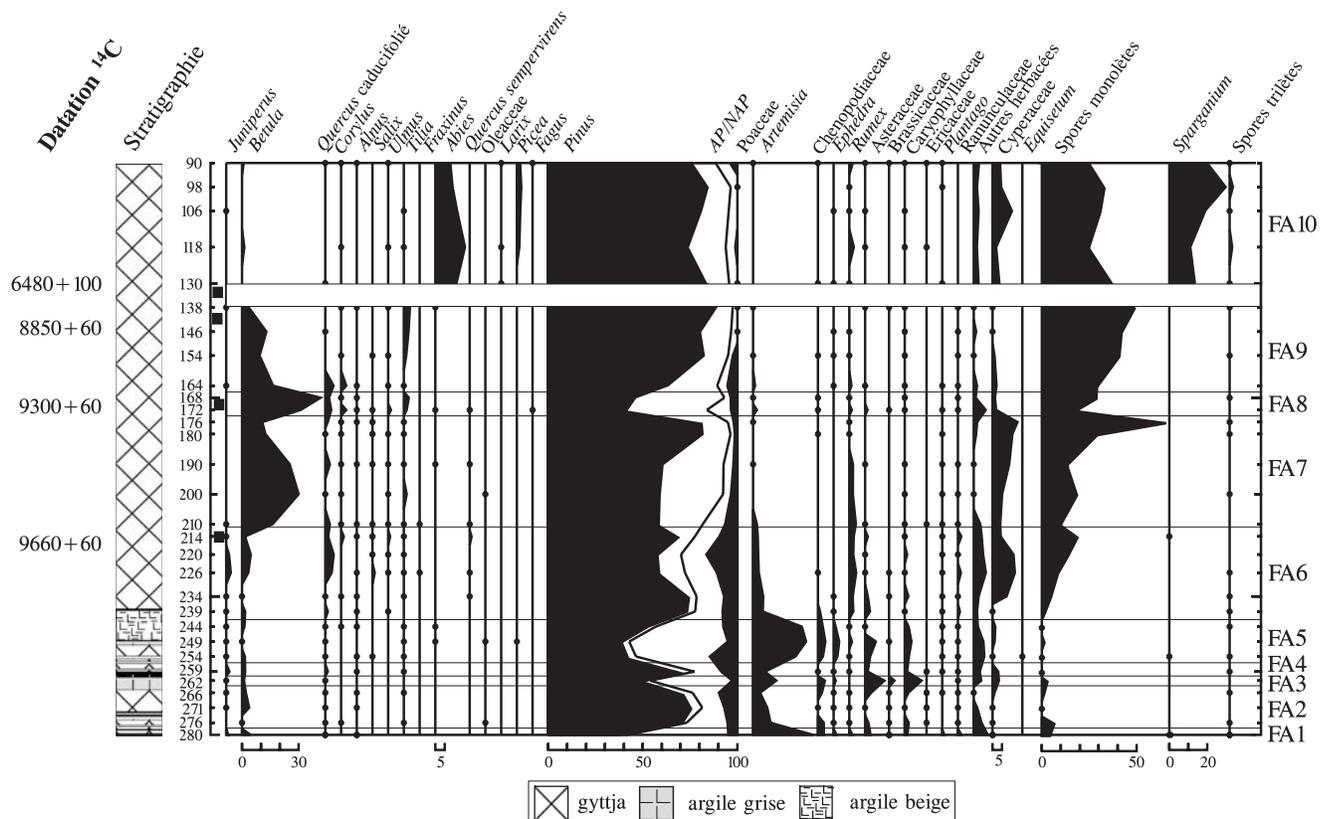


FIGURE 4. Diagramme pollinique simplifié de Lago delle Fate, 2130 m, exposition est.

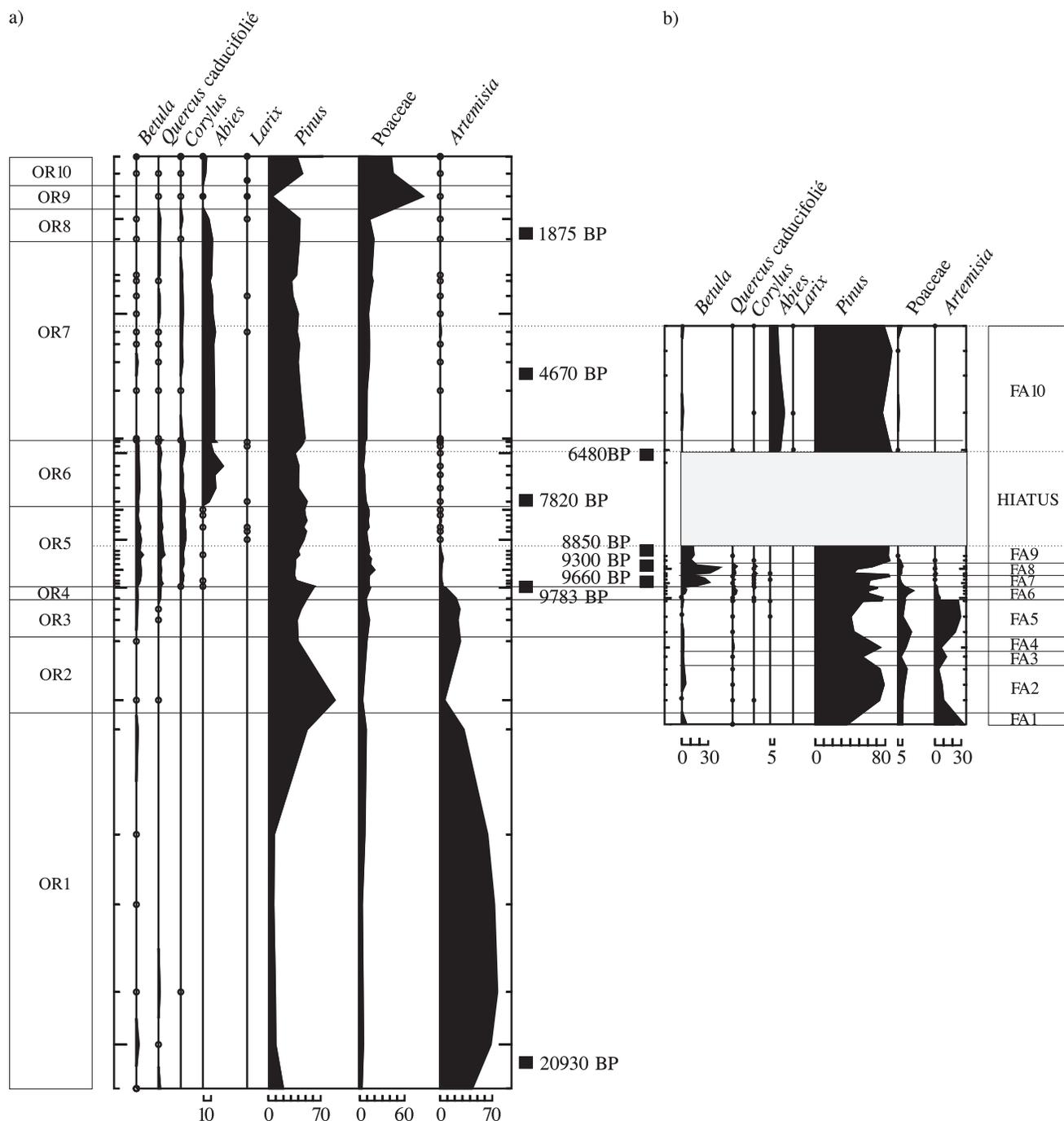


Figure 5. Corrélation des diagrammes polliniques simplifiés pour les sites a) Laghi dell'Orgials, 2240 m, exposition sud-ouest et b) Lago delle Fate, 2130 m, exposition est.

Les assemblages polliniques similaires décrits dans la littérature de la région (Beaulieu, 1977; Gelloz, 1995; Kharbouch, 1996; Kharbouch & Gauthier, 2000) et de l'ensemble des Alpes Occidentales (Wegmüller, 1977; Reynaud & Chaix, 1981; Welten, 1982; Coûteaux, 1983; Beaulieu & Reille, 1983; Ammann, 1989; Clerc, Magny & Mouthon, 1989; David, 1993a,b; Beaulieu *et al.*, 1994; Brugiapaglia, 1995; 1996a,b; Nakagawa, 1998) ont été attribués au Dryas ancien. Cependant la date de 20930 ± 130 BP obtenue à la base de la zone OR1 à partir de

mousses aquatiques vivant *in situ* (*Drepanocladus fluitans*), dans un bassin sédimentaire non carbonaté est 5000 ans plus vieille que celle attendue et nous oblige à considérer, si nous retenons cette date, que le site était déglacé il y a 20000 ans.

L'interstade Bölling-Allerød, identifié dans les deux sites par des niveaux sédimentaires à gyttja, se manifeste par une chute du pollen herbacé et une forte augmentation des pourcentages de *Pinus*, qui traduit la remontée du pin en altitude à la suite d'une amélioration climatique.

Les valeurs élevées du pin, qui atteint 85% à l'Orgials (2240 m) et 72% au Fate (2130 m), sont attribuables aux apports polliniques lointains et révèlent une sur-représentation de *Pinus* comparativement à sa présence locale sur les sites. Le phénomène a déjà été mis en évidence dans les Alpes du Nord pour la même période (David, 1993b). La présence des taxons arborescents caducifoliés tels que *Tilia*, au Fate et *Quercus* caducifolié indique le développement des feuillus à basse altitude.

Dans le diagramme du Lago delle Fate (Figure 4), où le taux de sédimentation est plus élevé, la zone FA3, caractérisée par une brève remontée des steppiques et soulignée au niveau stratigraphique par un lit d'argile, peut être associée au Dryas Moyen (environ 12000 BP) (Bertoldi, 1968, 1980; Wegmüller, 1977; Eicher, 1987; Burga, 1988; Brugiapaglia, 1996a; Bégeot *et al.*, 2000).

Un retour plus marqué des herbacées steppiques dominées par *Artemisia* (Figure 3, OR3 et Figure 4, FA5) traduit le refroidissement du Dryas récent (marqué stratigraphiquement par un niveau d'argile grise). La première apparition d'*Ulmus* est enregistrée à l'Orgials (Figure 3, OR3) à cette période. La comparaison de nos séquences avec la littérature (Beaulieu, 1977; Kharbouch, 1996; Kharbouch & Gauthier, 2000; Finsinger, 2001) montre que le signal pollinique faible mais continu des feuillus mésophiles de basse altitude (*Tilia*, *Ulmus* et *Quercus* caducifolié) est limité au versant italien. Cela traduit la présence d'îlots de refuge sur ce versant. Le massif de l'Argentera-Mercantour aurait effectivement joué un rôle important de barrière biogéographique vis-à-vis de l'expansion de ces essences.

Le passage du Tardiglaciaire à l'Holocène est marqué, au niveau stratigraphique (Figures 3 et 4), par le passage de l'argile grise à la gyttja. Au point de vue pollinique ce passage est marqué par la chute des pourcentages d'*Artemisia* et par la progression des Poaceae, des Cyperaceae et des taxons arboréens. Le développement des essences arborescentes aurait été perçu de façon synchrone dans les deux sites: 9785 ± 60 BP à Laghi dell'Orgials et 9660 ± 60 BP à Lago delle Fate. Cela traduit un changement climatique global qui aurait engendré des conséquences sur l'ensemble du couvert végétal régional; la dynamique végétale de la recolonisation du début de l'Holocène est conforme à ce qui a déjà été décrit pour plusieurs secteurs alpins: les Alpes Maritimes françaises (Beaulieu, 1977), le Briançonnais (Nakagawa, 1998), les Alpes françaises du Nord (David, 1993a), la Vallée d'Aoste (Brugiapaglia, 1996a), la Suisse (Ammann, 1985), le Dauphiné (Clerc, 1988) et le Jura (Richard, 1983; Ruffaldi, 1991).

Au début de l'Holocène dans le secteur du Vallon de St. Anna de Vinadio *Betula* et *Pinus* jouent le rôle d'essences pionnières en altitude. Le bouleau aurait constitué des formations continues sur le versant est. Le pin, quant à lui, se serait développé dans l'ensemble du vallon. Une chênaie mixte se serait développée à basse altitude, avec *Quercus* caducifolié, *Corylus*, *Tilia* et *Ulmus* (Figures 3 et 4).

La courbe d'*Abies* à Laghi dell'Orgials débute à 7820 ± 40 BP et montre un développement du sapin conforme aux données de la littérature, qui datent son expansion

dans les Alpes Occidentales après 8000 BP. À Lago delle Fate, une lacune sédimentaire postérieure à 8850 et antérieure à 6480 BP empêche de suivre l'enregistrement sur ce versant de l'expansion du sapin. Un fragment de bois d'*Abies* confirme la présence du sapin à Lago delle Fate après 6480 ± 60 BP. Il faut souligner la présence continue de *Larix* à Laghi dell'Orgials avant l'expansion du sapin. Les différences de comportement pollinique des deux taxons (*Abies* et *Larix*) nous conduisent à considérer les faibles occurrences de mélèze, dont le pollen est peu transporté (Heim, 1970; Beaulieu, 1977; Brugiapaglia, 1995; Ortu, 2002), comme le témoignage de peuplements locaux et les pourcentages plus élevés d'*Abies*, dont le pollen est plus facilement transporté, comme la traduction du développement régional des peuplements de sapin. Cela nous conduit à admettre l'installation de *Larix* avant 8000 BP à Laghi dell'Orgials.

La reconstruction des dernières étapes de l'évolution de la végétation est basée uniquement sur les résultats du diagramme de l'Orgials car cette période manque à Lago delle Fate. Le déclin des sapinières se manifeste par une chute des pourcentages d'*Abies* et des autres essences arborescentes. Cette chute est accompagnée par l'apparition d'indicateurs d'activité humaine (Iversen, 1949; Behre, 1981; 1988).

La phase précoce de l'anthropisation est limitée au déboisement. Elle est suivie des phases caractérisées par l'apparition du pollen des taxons introduits ou favorisés par l'homme tels que le noyer et le châtaignier. Les indices de l'activité humaine s'expriment par une chute du pollen arboréen, témoignage d'un déboisement de plus en plus important dans tous les étages de végétation. La dominance des poacées et des autres plantes herbacées confirme l'ouverture du milieu, et les forts pourcentages de *Rumex* indiquent la présence du bétail dans l'aire environnant les sites.

EFFETS DES PARAMÈTRES LOCAUX

La comparaison des diagrammes palynologiques des sites du Lago delle Fate et des Laghi dell'Orgials, situés dans le Vallon de St. Anna, respectivement sur les versants d'exposition est et ouest, montre des différences dans l'enregistrement pollinique du développement de la végétation.

Au début de l'Holocène on observe une phase de développement important du bouleau (entre 5% et 30%) à Lago delle Fate. Cet épisode, daté entre 9660 et 8850 BP avec un maximum (41%) à 9300 BP, n'a pas d'équivalent à Laghi dell'Orgials (pourcentages inférieurs à 10%) ni dans les séquences régionales connues. L'absence d'une période à bouleau dominant à Laghi de l'Orgials, sur le versant sud-ouest, soumis au courant descendant du bas de la vallée vers le Col de la Lombarde, semble être due aux conditions de moindre humidité qui caractérisent ce versant.

L'altitude élevée du site de Lago delle Fate (2130 m) laisse supposer une colonisation par *Betula pubescens*, actuellement rare et limité à des milieux marécageux alors que *Betula pendula*, actuellement présent sur ce versant, admet des conditions de sécheresse relative (David & Barbero, 1995).

Les pourcentages polliniques de *Pinus* enregistrés à Lago delle Fate (70-80%) sont nettement plus élevés qu'à Laghi dell'Orgials (40-50%) durant tout l'Holocène. L'observation de la pluie pollinique actuelle (Figure 2) montre un rapport inversé lié à la prédominance du pollen d'origine lointaine dans l'enregistrement pollinique de la végétation à Laghi dell'Orgials. Ces données traduisent la présence d'une pinède subalpine autour de Lago delle Fate pendant l'Holocène.

Les taux d'*Abies* sont plus élevés à Laghi dell'Orgials à 2240 m (entre 20% et 30%, Figure 3, OR6-7) qu'à Lago delle Fate à 2130 m (taux inférieurs à 20%, Figure 4, FA10). Cependant l'optimum du sapin à Lago delle Fate n'est pas enregistré en raison d'une lacune sédimentaire (Figure 5). Une telle lacune sédimentaire entre 9000 et 6000 BP est souvent présente dans les diagrammes polliniques de l'aire, dans nos sites comme dans les sites proches (Selle di Carnino, Lago della Perla: Beaulieu, 1977; Rifugio Mondovì: Ortu, David & Caramiello, 2003; Lago del Vei del Bouc: Finsinger, 2001). Cela pourrait être dû à un abaissement du niveau des lacs d'altitude de la région, alimentés essentiellement par les eaux de fonte des neiges, en raison du réchauffement climatique et de la sécheresse plus forte, qui semblent caractériser cette période (Digerfeldt *et al.*, 1997; Magny, Guiot & Schoellammer, 2001), et qui la rapprochent climatiquement à la période actuelle; de nombreux petits lacs d'altitude dans la région sont actuellement desséchés.

La présence du sapin est confirmée à Lago delle Fate par la présence d'un fragment de bois d'*Abies* après 6480 ± 60 BP. Des individus isolés et jeunes d'*Abies alba* sont actuellement présents sur le site. Les taux élevés d'*Abies* enregistrés à Laghi dell'Orgials n'indiquent pas un développement plus important de la sapinière sur ce versant mais plutôt un apport plus important en pollen sur ce site, influencé par un courant ascendant vers le Col de la Lombarde. La présence continue du pollen de *Larix* dont la faible dispersion des grains permet de considérer les pourcentages polliniques de 1% comme un indice de sa présence sur place semble également exclure le développement d'une sapinière autour du site.

Le hêtre apparaît dès 4670 ± 35 BP et est représenté seulement dans le diagramme des Laghi dell'Orgials dès le Subboréal et ses pourcentages demeurent faibles. On ne retrouve aucun indice de sa présence dans le diagramme provenant du site du Lago delle Fate, sur le versant opposé du vallon. Nous pouvons supposer qu'il n'a connu qu'une faible expansion, liée à la présence du sapin, et que son développement a été favorisé par le déboisement effectué dans la sapinière. Les grains de *Fagus* que l'on retrouve dans ce site proviennent certainement de l'étage montagnard inférieur et ont été transportés sur le site par le courant ascendant du bas de la vallée. Entre 1100 et 1530 m d'altitude la dominance actuelle du hêtre dans la couverture végétale du vallon a été favorisée par les activités anthropiques aux dépens du sapin. La limite supérieure des feuillus se situe actuellement à 1530 m d'altitude.

Les différences d'enregistrement pollinique détectées dans les deux sites pour *Betula*, *Abies* et *Fagus* sont liées à la fois à des couvertures végétales différentes autour des

sites et à la réception du pollen d'origine lointaine. La plus grande perception du transport lointain à Laghi dell'Orgials a d'ailleurs été démontrée dans l'étude de la pluie pollinique actuelle (Figure 2).

EFFET DE L'ANTHROPISATION

Actuellement la physionomie de l'étage subalpin du vallon apparaît homogène: les pelouses dominent le paysage dès 2500 m. D'après les résultats de l'étude phytosociologique, les pelouses étudiées peuvent être rattachées à l'alliance du *Nardion strictae*, c'est à dire aux formations herbacées à dominance de nard. La seule différenciation observable est le développement d'une phytocénose de tourbière du *Caricetalia davallianae* malgré le substrat siliceux qui caractérise le site. En effet, ce type de formation se développe typiquement sur substrat alcalin ou neutre. Le développement de cette phytocénose s'explique ici par un apport excessif en nutriments dans le lac qui peut être attribué à la longue permanence du bétail dans les environs du site, responsable d'un phénomène d'oligotrophisation des eaux. Le développement des associations végétales rattachées au *Nardion strictae* est le résultat de l'excès de pâturage, qui porte à la sélection d'espèces moins appréciées par le bétail, tel le nard. Ce stade est l'étape ultime de l'action de l'homme sur la végétation du vallon dont les indices sont reconnaissables dans la séquence pollinique de Laghi dell'Orgials et qui a porté à un recul des formations arborescentes. Les premiers indices d'un déboisement important sur tous les taxons arboréens se retrouve dans la zone OR8 (Figure 3), où la chute d'*Abies* et de *Pinus* s'accompagne d'un pic important des Poaceae et de *Rumex*, qui doit être attribuée à une transformation anthropogénique du paysage montagnard et subalpin corrélée à l'exploitation du bois de sapin et à l'utilisation de larges surfaces pour le pâturage du bétail. La diminution des taux des taxons arboréens est datée 1875 BP à Laghi dell'Orgials et elle s'accompagne de l'apparition des taxons cultivés par l'homme à basse altitude, tels que *Juglans* et *Castanea*. L'enregistrement pollinique à Lago delle Fate s'arrête bien avant le début des activités humaines. La différence entre le pourcentage de *Pinus* à la fin de la séquence fossile (80%) et dans les spectres actuels (53%) montre que des modifications importantes du paysage végétal se sont produites. Elles sont dues à l'action humaine de déboisement sur les pinèdes subalpines environnant le site. Cette période de déboisement n'a pas été enregistrée dans la séquence de Lago delle Fate. Ces formations sont actuellement remplacées par des formations pionnières à mélèze, recolonisant les espaces déboisés par l'homme dans le passé récent.

Conclusion

L'histoire de la végétation du Vallon de St. Anna di Vinadio a été décrite sur la base de l'étude palynologique des deux sites de Lago delle Fate (2130 m) et Laghi dell'Orgials (2240 m), en prenant pour référence l'analyse de la pluie pollinique dans ces sites.

L'histoire régionale de la végétation déduite de l'étude des deux sites est conforme aux schémas clas-

siques connus pour les Alpes Occidentales. Cependant des différences marquées caractérisent le développement de la végétation sur les deux versants, mais ces différences ne sont plus visibles actuellement.

La dominance du bouleau (probablement *Betula pubescens*) enregistrée exclusivement à Lago delle Fate, entre 9660 BP et 8850 BP, met en évidence les différences écologiques caractérisant les deux sites. L'aire environnant le site de Lago delle Fate, sur le versant est, montre une humidité plus importante qu'à Laghi dell'Orgials, sur le versant ouest.

Les courbes d'*Abies* enregistrées dans les deux sites indiquent le développement des sapinières dans l'étage montagnard du vallon dès 7820 BP. La présence d'exemplaires isolés est certifiée à Lago delle Fate par un fragment de bois. Les pourcentages polliniques d'*Abies* sont cependant plus élevés à Laghi dell'Orgials, mais cela paraît attribuable au transport éolien plus important vers ce site. La présence du mélèze dans les deux sites porte à attribuer le signal pollinique d'*Abies* à des individus de sapin sporadiques coexistant avec le mélèze en formations ouvertes en leur limite d'aire. La disparition des sapinières dominantes dans l'étage montagnard du vallon est attribuée à l'action humaine de déboisement. Ce déboisement a favorisé le développement du hêtre dans l'étage montagnard inférieur, perçu uniquement à Laghi dell'Orgials.

Les différences d'enregistrement pollinique détectées dans les deux sites pour *Betula*, *Abies* et *Fagus* sont liées à la fois à des couvertures végétales différentes autour des sites et à la réception du pollen d'origine lointaine.

Une pinède subalpine a environné le site de Lago delle Fate durant toute la période holocène, reconstituée jusqu'à approximativement 3000 BP. Cette pinède est actuellement réduite à des formations d'étendue modeste de *Pinus mugo*, localisées entre 2050 et 2150 m d'altitudes sur le versant est, en aval du site. *Pinus cembra* est présent dès 1900 m dans le vallon, sans jamais dominer dans la couverture arborescente.

Les activités anthropiques ont modifié la composition végétale des étages montagnard et subalpin dès 1875 BP dans le sens d'une uniformisation du paysage. Cette action a été motivée par l'exploitation du bois de sapin et la nécessité d'ouvrir le milieu pour le pâturage du bétail.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier B. Talon et F. Guibal pour la détermination des macrorestes ligneux ainsi que J.P. Hébrard pour l'identification des bryophytes fossiles. Le travail a été effectué avec la contribution financière de la Région Piémont (Italie).

Références

- Ammann, B., 1985. Introduction and palynology: Vegetational history and core correlation at Lobsigensee (Swiss Plateau). Pages 127-134 in G. Lang (ed.). Swiss Lake and Mire Environments during the last 15000 years. *Dissertationes Botanicae*, no 87.
- Ammann, B., 1989. Late-Quaternary Palynology at Lobsigensee. Regional Vegetation History and Local Lake Development. *Dissertationes Botanicae*, 137: 1-157.
- Arobba, D. & R. Caramiello, 1998a. Agricoltura e ambiente dal VI al I millennio a.C.: ricostruzione su base palinologica. Pages 55-73 in L. Mercado e M. Venturion Gambari (eds.). *Archeologia in Piemonte. La Preistoria. Volume 1. Soprintendenza Archeologica del Piemonte*, Torino.
- Arobba, D. & R. Caramiello, 1998b. Cenni storici sul paesaggio vegetale dell'altipiano. Pages 41-43 in M. Cordero & L. Mano (eds.). Cuneo da ottocento anni. L'Artistica, Savigliano.
- Barbero, M., 1970. Les pelouses orophiles acidophiles des Alpes maritimes et ligures, leur classification phytosociologique: *Nardetalia strictae*, *Festucetalia spadiceae* et *Caricetalia curvulae*. *Annales de la Faculté de Sciences de Marseille*, 43: 173-196.
- Barbero, M., G. Bono & P. Ozenda, 1970. Sur les groupements végétaux en limite d'aire dans les Alpes maritimes et ligures. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 117: 593-608.
- Barbero, M. & P. Ozenda, 1979. Carte de la végétation potentielle des Alpes Piémontaises à 1/400000. *Documents de Cartographie Écologique*, XXI: 139-162.
- Beaulieu de, J. L., 1977. Contribution pollenanalytique à l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation des Alpes méridionales françaises. Thèse ès sciences, Université d'Aix-Marseille III, Marseille.
- Beaulieu de, J. L. & M. Reille, 1983. Paléoenvironnement tardiglaciaire et holocène des lacs de Pelléautier et Siguret (Hautes Alpes, France). Histoire de la végétation d'après les analyses polliniques. *Ecologia Mediterranea*, 9: 19-36.
- Beaulieu de, J. L., J. Kostenzer & K. Reich, 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 de, J. L., H. Richard, P. Ruffaldi & J. Clerc, 1994. History of vegetation, climate and human action in the French Alps and the Jura over the last 15000 years. *Dissertationes Botanicae*, 234: 253-275.
- Bégeot, C., H. Richard, P. Ruffaldi & G. Bossuet, 2000. Enregistrement pollinique des changements climatiques de l'Interstade Bølling/Allerød dans l'est de la France. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 1: 51-58.
- Behre, K. E., 1981. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores*, 23: 225-245.
- Behre, K. E., 1988. The role of man in European vegetation history. Pages 633-672 in B. Huntley & T. Webb (eds.). *Vegetation History*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Berglund, B. E. & M. Ralska-Jasiewiczowa, 1986. Pollen analysis and pollen diagrams. Pages 455-484 in B. E. Berglund (ed.). *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Bertoldi, R., 1968. Ricerche pollinologiche sullo sviluppo della vegetazione tardiglaciaire e postglaciaire nella regione del Lago di Garda. *Studi Trentini di Scienze Naturali*, B, 45: 87-162.
- Bertoldi, R., 1980. Le vicende vegetazionali e climatiche nella sequenza paleobotanica würmiana e post-würmiana di Lagdei (Appennino settentrionale) Ateneo Parmense. *Acta Naturalia*, 16: 147-175.
- Bono, G. & M. Barbero, 1976. Carte écologique de la Province de Cuneo. *Documents de Cartographie Écologique*, XVI: 1-43.
- Braun-Blanquet, J., 1928. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der vegetationskunde*. 2nd Edition. Springer, Wein.
- Brugiapaglia, E., 1995. Dinamica vegetale tardiglaciaire e olocenica nelle Alpi italiane nord-occidentali attraverso l'analisi pollinica. *Giornale Botanico Italiano*, 129: 277.

- Brugiapaglia, E., 1996a. Dynamique de la végétation tardiglaciaire et holocène dans les Alpes italiennes nord-occidentales. Thèse ès Sciences, Université d'Aix-Marseille III, Marseille.
- Brugiapaglia, E., 1996b. Climatic and vegetational changes in the continental valleys of the western Italian Alps during the late glacial and the Holocene. Pages 93-94 in S. P. Evans, S. Frisia, A. Borsato, M. B. Cita, M. Lanzinger, C. Ravazzi & B. Sala (eds.). *Modificazioni climatiche ed ambientali tra il Tardiglaciale e l'Olocene antico in Italia*. Convegno AIQUA-MTSN, Trento.
- Brugiapaglia, E., J. L. de Beaulieu, J. Guiot & M. Reille, 1998. Transect de pluie pollinique et étagement de la végétation dans le massif du Taillefer (Isère, France). *Géographie physique et Quaternaire*, 52: 209-218.
- Burga, C. A., 1988. Swiss vegetation history during the last 18000 years. *New Phytologist*, 110: 581-602.
- Clerc, J., 1988. Recherches pollenanalytiques sur la paléocologie tardiglaciaire et holocène du Bas-Dauphiné. Thèse ès Sciences, Aix-Marseille III, Marseille.
- Clerc, J., M. Magny & J. Mouthon, 1989. Histoire d'un milieu lacustre du bas-Dauphiné: le Grand Lemps. Étude palynologique des remplissages tardiglaciaire et holocène et mise en évidence des fluctuations lacustres à l'aide d'analyse sédimentologiques et malacologiques. *Revue de Paléobiologie*, 8: 1-19.
- Coûteaux, M., 1983. Fluctuations glaciaires de la fin du Würm dans les Alpes françaises établies par des analyses polliniques. *Boreas*, 12: 35-56.
- David, F., 1992. Dynamique de la végétation dans les Alpes françaises du Nord. Abstracts of the 8th International Palynological Congress, Aix-en-Provence, 31.
- David, F., 1993a. Évolution de la limite supérieure des arbres dans les Alpes françaises du nord depuis la fin des temps glaciaires. Thèse ès Sciences, Université d'Aix-Marseille III, Marseille.
- David, F., 1993b. Altitudinal variation in the response of the vegetation to Late-glacial climatic events in the northern French Alps. *New Phytologist*, 125: 203-220.
- David, F. & M. Barbero, 1995. De l'histoire du genre *Betula* dans les Alpes Françaises du Nord. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 89: 455-467.
- Digerfeldt, G., J.-L. de Beaulieu, J. Guiot & J. Mouthon, 1997. Reconstruction and paleoclimatic interpretation of Holocene lake-level changes in Lac de Saint-Leger, Haute Provence, southeast France. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 136: 231-258.
- Eicher, U., 1987. Die spätglazialen sowie die frühpostglazialen Klimaverhältnisse im Bereiche der Alpen: Sauerstoffisotopenkurven kalkhaltiger Sedimente. *Geographica Helvetica*, 42: 99-104.
- Finsinger, W., 2001. Vegetation history and human impact at the Lago del Vei del Bouc (Argentera Massif, Maritime Alps). *Quaternaire*, 12: 223-233.
- Gelloz, F., 1995. Histoire de la végétation forestière et fluctuation de la limite supérieure des forêts dans un site des Alpes Maritimes (France): étude paléocologique (pollen et macrorestes) de la tourbière de Terre Rouge. D.E.A. Biosciences de l'environnement et santé, Université d'Aix-Marseille III, Marseille.
- Goeury, C., 1997. Gestion, traitement et représentation des données de la paléocologie. XV^{ème} Symposium de l'APLF, Lyon.
- Goeury, C. & J. L. de Beaulieu, 1979. À propos de la concentration du pollen à l'aide de la liqueur de Thoulet dans les sédiments minéraux. *Pollen et Spores*, 21: 239-251.
- Heim, J., 1970. Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe occidentale. Thèse M. Sc., Université de Louvain, Louvain.
- Iversen, J., 1949. The influence of prehistoric man on vegetation. *Danmark Geologiske Undersøgelse*, 3: 5-25.
- Julian, M., 1976. Les Alpes Maritimes Franco-Italiennes - Étude géomorphologique. Thèse ès Sciences, Université de Lille III, Lille.
- Kharbouch, M., 1996. Paléoenvironnement végétal de la région du mont Bego (Tende-Alpes-Maritimes) depuis 15000 ans. Contributions palynologiques et interprétations paléoclimatiques. Thèse de Doctorat, Institut de Paléontologie Humaine, Tende.
- Kharbouch, M. & A. Gauthier, 2000. Nouvelles analyses polliniques dans la région de la Vallée des Merveilles. Étude du Lac Long Supérieur (Tende, Alpes Maritimes). *Quaternaire*, 11: 243-256.
- Magny, M., J. Guiot & P. Schoellammer, 2001. Quantitative reconstruction of Younger Dryas to Mid-Holocene paleoclimates at Le Locle, Swiss Jura, using pollen and lake-level data. *Quaternary Research*, 56: 170-180.
- Malaroda, R., 1970. Carta Geologica del Massiccio de l'Argentera alla scala 1:50.000. *Memorie della Società Geologica Italiana*, IX: 557-663.
- Moore, P. D. & J. A. Webb, 1978. *An Illustrated Guide to Pollen Analysis*. Unibooks, London.
- Mucina, L., G. Grabherr, T. Ellmauer & S. Wallnöfer (eds.), 1993. *Die Pflanzengesellschaften Österreichs*. Gustav Fischer, Jena.
- Muller, S. D., F. David & S. Wicha, 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: 231-243.
- Nakagawa, T., 1998. Études palynologiques dans les Alpes françaises centrales et méridionales: histoire de la végétation tardiglaciaire et holocène. Thèse ès Sciences, Université d'Aix-Marseille III, Marseille.
- Ortu, E., 2002. Reconstruction sur base pollinique de la dynamique de la végétation tardiglaciaire et holocène dans les Alpes Maritimes Italiennes. Thèse ès sciences, Université d'Aix-Marseille III, Marseille.
- Ortu, E., F. David & R. Caramiello, 2003. Rôle de l'homme dans l'histoire de la végétation de la vallée Ellero (Alpes Maritimes; Italie). *Comptes Rendus Biologie, Académie des sciences*, 326: 631-637.
- Peterson, G. M., 1983. Recent pollen spectra and zonal vegetation in the western USSR. *Quaternary Science Reviews*, 2: 281-321.
- Pignatti, S., 1982. *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna.
- Reille, M., 1992. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Marseille. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Université d'Aix-Marseille III, Marseille.
- Reille, M., 1995. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord - Supplément 1*. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Université d'Aix-Marseille III, Marseille.
- Reille, M., 1998. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord - Supplément 2*. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Université d'Aix-Marseille III, Marseille.

- Reynaud, C. & L. Chaix, 1981. Modalité et chronologie de la déglaciation finiwürmienne au pied du Salève (Haute Savoie, France). Notes du Laboratoire de Paléontologie, Université de Genève, 3: 19-38.
- Richard, H., 1983. Nouvelles contributions à l'histoire de la végétation franc-comtoise tardiglaciaire et holocène à partir des données de la palynologie. Thèse de 3^e cycle, Université de Besançon, Besançon.
- Ruffaldi, P., 1991. Première contribution à l'étude de la végétation tardiglaciaire et holocène du Bugey: l'exemple de la tourbière de Cerin (Ain, France). *Revue de Paléobiologie*, 10: 137-149.
- Stuiver, M., P. J. Reimer, E. Bard, J. W. Beck, G. S. Burr, K. A. Hughen, B. Kromer, G. McCormac, J. van der Plicht & M. Spurk, 1998. INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration, 24000-0 cal BP. *Radiocarbon*, 40: 1041-1083.
- Wegmüller, S., 1977. Pollenanalytische Untersuchungen zur spät-und postglazialen Vegetationsgeschichte der französischen Alpen (Dauphiné). Verlag Paul Haupt, Bern.
- Welten, M., 1982. Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern-Wallis. *Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft*, 95: 1-104.