

EVOLUZIONE ALTITUDINALE SPAZIO-TEMPORALE DEGLI ALBERI DURANTE GLI ULTIMI 12000 ANNI IN VALLE D'AOSTA (ITALIA)

Elisabetta Brugiapaglia

Dipartimento Scienze Animali, Vegetali e dell'Ambiente Facoltà di Agraria Università degli Studi del Molise
Via De Sanctis 86100 Campobasso

RIASSUNTO: E. Brugiapaglia, *Evoluzione altitudinale spazio-temporale degli alberi durante gli ultimi 12000 anni in Valle d'Aosta (Italia)*. (IT ISSN 0394-3356, 2007).

Sono stati analizzati quattro siti della Valle d'Aosta orientale che attualmente si trovano uno nel bosco denso e tre nella treeline (la torbiera di Pilaz, 1900 m a.s.l., la torbiera di Champlong, 2320 m a.s.l., il lago di Champlong, 2300 m a.s.l. e la torbiera di Sant'Anna, 2304 m a.s.l.). Dai risultati ottenuti attraverso l'analisi pollinica, dei macroresti e 14 datazioni AMS, si evince che nel periodo antecedente 12000 BP nei siti analizzati era presente solo una vegetazione erbacea e gli alberi non raggiungevano i 1900 m d'altitudine, quindi si può ritenere che il limite degli alberi sia stato almeno 400 m più basso dell'attuale. Tra 12000 e 10700 BP a 1900 m dovevano vegetare solo rari esemplari di *Betula* e *Larix*, mentre ad altitudini inferiori cominciava ad aumentare *Pinus* ed il limite superiore degli alberi doveva aggirarsi intorno ai 1900 m. Tra 10700 e 10000 BP a 2300 m dovevano essere presenti individui isolati di *Larix* e *Betula*, mentre a 1900 m c'erano radi esemplari di *Betula*. Aumentano i taxa erbacei. Tra 10000 e 9000 BP sia a 2300 m che a 1900 m la vegetazione era costituita da formazioni rade a *Betula* e *Larix*. Tra 9000 e 8000 BP a 1900 m era presente un bosco chiuso a *Larix* e *Betula* mentre a 2300 m c'era un bosco rado con *Pinus cembra*, *Pinus sylvestris* e *Larix*; a Sant'Anna sempre a 2300 m d'altitudine, ma in Val di Gressoney, *Larix* era dominante. Il limite degli alberi era più alto di circa 200 m rispetto all'attuale. Tra 8000 e 5000 BP a 1900 m era presente un bosco misto a *Larix*, *Abies* e *Pinus cembra*; a Pilaz, in cui dominava *Larix*, si creò una zona di contatto tra le formazioni subalpine inferiori con *Abies* e quelle subalpine superiori con *Pinus cembra*. A 2300 m a Champlong c'era un bosco rado a *Betula* e *Pinus cembra* che venne sostituito nella fase più arida da *Larix* che era la specie dominante a Sant'Anna. Tra 5000 e 2500 BP a 1900 m c'erano radi *Larix* e *Abies* mentre a 2300 m erano presenti alcuni pini ed a Sant'Anna una formazione aperta e rada a *Larix* e *Pinus cembra*. Il limite degli alberi in questo intervallo di tempo si abbassò di circa 200-300 m. Per il periodo più recente (> di 2500 BP), a 1900 m, la vegetazione era caratterizzata da larice e abete rosso; a 2300 m vegetavano radi pini cembri ed a Sant'Anna larici sparsi. Il limite degli alberi risulta influenzato anche dalle attività antropiche che diventano rilevanti sull'area indagata come dimostra la presenza di un villaggio attribuito all'età del Bronzo e di taxa legati al pascolo ed all'agricoltura.

ABSTRACT: E. Brugiapaglia, *Altitudinal evolution in space and time of trees during the past 12000 years in Aosta Valley (Italy)*. (IT ISSN 0394-3356, 2007).

Four sites have been analyzed, one in a closed forest and three above today's treeline (Pilaz peat bog at 1900 m a.s.l., Champlong peat bog at 2320 m a.s.l., Champlong lake at 2300 m a.s.l., and Sant'Anna peat bog at 2304 m a.s.l.) in the eastern Aosta Valley. The results obtained by pollen, macrofossil data, and 14 radiocarbon dating by AMS, suggest that for periods older than 12000 BP in the analyzed sites there was just a herbaceous species and the trees did not reach 1900 m in altitude. Treelimit was at least 400 m lower than today. Between 12000 and 10700 BP at 1900 m there were rare *Betula* and *Larix*. At lower altitudes *Pinus* increased and the upper treeline was about 1900 m. Between 10700 and 10000 BP, at 2300 m there were isolated *Larix* and *Betula*, whereas at 1900 m there was isolated *Betula*. This period is characterized by increasing values of herbaceous species-pollen. Between 10000 and 9000 BP at both 2300 m and 1900 m the vegetation made up of *Betula* and *Larix* was sparse. Between 9000 and 8000 BP at 1900 m there was a closed forest of *Larix* and *Betula*, at 2300 m there was an open forest of *Pinus cembra*, *Pinus sylvestris* and *Larix*, whereas at Sant'Anna at 2300 m in Gressoney Valley, *Larix* dominated. The treeline was about 200 m higher than today. Between 8000 and 5000 BP at 1900 m there was a forest with *Larix*, *Abies* and *Pinus cembra*; Pilaz, where *Larix* dominated, was a contact area between lower subalpine vegetation of *Abies* and upper subalpine vegetation of *Pinus cembra*. At 2300 m, in Champlong, there was an open forest of *Betula* and *Pinus cembra* which was replaced by *Larix* in drier periods. *Larix* was dominating in Sant'Anna. Between 5000 and 2500 BP at 1900 m there were sparse trees of *Larix* and *Abies*, whereas at 2300 m there were sparse trees of *Pinus*, and in Sant'Anna there were sparse *Larix* and *Pinus cembra*. The treeline lowered by about 200-300 m. For the latest period (after 2500 BP) at 1900 m the vegetation was characterized by *Larix* and *Picea*, at 2300 m by sparse *Pinus cembra* and in Sant'Anna by larch. The treeline was influenced by human activity which was considerable, as shown by the presence of a village of the bronze age, and the grazing and agricultural taxa.

Parole chiave: Tardoglaciale, Olocene, limite degli alberi, Valle d'Aosta, Italia.

Keywords: Late glacial, Holocene, tree line, Aosta Valley, Italy.

1. INTRODUZIONE

L'ecotono subalpino-alpino è particolarmente sensibile ai cambiamenti climatici come lo dimostra la fisionomia della vegetazione che cambia passando da zone arboree a quelle arbustive ed infine alle praterie alpine: la risposta della vegetazione alle variazioni climatiche è più pronunciata nelle zone di altitudine e nell'ecotono timberline e treeline (WICK, 2000; TINNER &

THEURILLAT, 2003) in quanto nelle aree montane i segnali climatici risultano amplificati (BENISTON *et al.*, 1997). La distribuzione spaziale degli alberi e la loro densità è influenzata dalla temperatura, dalla copertura nevosa, dai movimenti dei ghiacciai più o meno vicini e dall'azione antropica.

Il ruolo di ciascun fattore è difficile da stabilire, ma l'analisi pollinica ha sempre cercato di contribuire a queste ricerche: infatti in situazioni stagionali favorevoli,

la composizione pollinica dei sedimenti può precisare il carattere glaciale o periglaciale di un'area (BRUGIAPAGLIA & BARBERO, 1994) ed allo stesso modo la vegetazione forestale che caratterizza le altitudini inferiori, può fornire elementi indiretti di datazione. Tuttavia l'interpretazione dei diagrammi pollinici provenienti da siti d'altitudine è resa difficile dalle anomalie della rappresentazione pollinica di alcune specie (esagerata per *Pinus*, ridotta per *Larix*) e dal trasporto ascendente del polline che rende impossibile la precisa ricostruzione della struttura della vegetazione locale; molti segnali sono ambigui ed in particolare la diminuzione del rapporto PA/T (Polline Arboreo/Totale) può essere indice dell'avanzata del ghiacciaio, le attività pascolive oppure l'evoluzione dell'ambiente di sedimentazione (passaggio dal lago alla torbiera) possono influenzare l'interpretazione del diagramma.

Alcuni di questi limiti possono essere superati o quanto meno ridotti, utilizzando le concentrazioni assolute e i macroresti vegetali, così come applicato da AMMANN & WICK (1993), TINNER *et al.* (1996), TINNER & THEURILLAT (2003), BIRKS (2003) e BIRKS & BIRKS (2000) ed inoltre analizzando siti localizzati sullo stesso versante e su piani altitudinali diversi (DAVID, 1993a; DAVID *et al.*, 2006). La ricerca presentata vuole evidenziare le specie arboree che hanno avuto un ruolo sui siti d'altitudine considerando la loro migrazione regionale e locale, nonché i fattori biotici e abiotici che hanno avvantaggiato o svantaggiato alcune specie rispetto ad altre.

2. AREA DI STUDIO

2.1. Descrizione dei siti

L'analisi del limite superiore degli alberi e della loro evoluzione spaziale e temporale in Valle d'Aosta si basa sull'interpretazione dei diagrammi ottenuti dalla torbiera di Pilaz, dal lago e dalla torbiera di Champlong, e dalla torbiera di Sant'Anna (fig. 1). Da un punto di vista geologico, tutti i siti sono compresi nel cosiddetto "Complesso Piemontese dei calcescisti con ofioliti" che comprende rocce vulcaniche risalenti al Triassico e Giurassico, in particolare serpentine, serpentino-scisti, prasiniti e anfiboliti.

2.1.1. Torbiera di Pilaz

La torbiera di Pilaz (45°49'01"N, 17°17'10"E) è situata in Valletournenche a 1900 m d'altitudine (fig. 1b). Si tratta di una torbiera a sfagni localizzata nella parte terminale di un lago poco profondo la cui superficie è colonizzata da *Ranunculus aquatilis*, circondata da un bosco a *Larix decidua* con qualche *Picea excelsa* ed un orlo a *Calluna vulgaris*. La torbiera si sviluppa dietro una morena tardoglaciale ed è circondata da altre morene anch'esse risalenti al Tardoglaciale.

2.1.2. Lago di Champlong

Il piccolo lago di Champlong (45°49'30"N, 17°15'35"E) è situato in Valletournenche a 2300 m d'altitudine (fig. 1b) su un altopiano ai piedi di una ripida falesia sulla riva sinistra del torrente Marmore: sulla sua superficie sono presenti alcuni isolotti di sfagno galleggiante a contatto con la vegetazione a *Carex* sp. e

Phragmites australis, mentre la vegetazione arbustiva è dominata da *Rhododendron ferrugineum* e *Juniperus nana*. Alcuni rari larici colonizzano il versante Nord del monte Tantanè fino all'altitudine di 2500-2600 m compreso un esemplare di *Picea abies* di circa 1 m di altezza che è stato osservato sulla falesia che circonda il lago.

2.1.3. Torbiera di Champlong

La torbiera di Champlong (45°49'15"N, 17°15'37"E) è situata in Valletournenche a 2320 m d'altitudine, tra due morene tardoglaciali ed è circondata da "rock glacier" inattivi (fig. 1b). Si tratta di una torbiera a sfagni nelle cui zone ancora in acqua, sono visibili dei tronchi identificati come *Pinus cembra* type. Attualmente questa specie è completamente assente dalla vegetazione forestale che è invece dominata da *Larix decidua*, mentre tra le specie arbustive si rilevano *Salix hastata*, *Rhododendron ferrugineum* e *Juniperus nana*.

Dal punto di vista climatico i tre siti sopra illustrati, ricadono in una area a evidente aridità con precipitazioni medie di 800 mm annui e temperatura media annua di 6,3° C (MERCALLI *et al.*, 2003).

2.1.4. Torbiera di Sant'Anna

La torbiera di Sant'Anna (45°51'30"N, 17°06'25"E), localizzata in Val di Gressoney a 2304 m d'altitudine, si trova sulla riva destra del torrente Lys di fronte al Gran Ghiacciaio del Lys (fig. 1a). Durante la Piccola Età Glaciale il ghiacciaio scendeva fino a 1990 m d'altitudine. Successivamente è andato incontro ad una serie di oscillazioni ed è attualmente in fase di ritiro. I lavori per la costruzione di un impianto di risalita, hanno portato alla luce numerosi resti di alberi, di cui non è stato possibile stabilire la posizione stratigrafica. Dai sondaggi realizzati per valutare la profondità della torbiera, si è evidenziato un deposito massimo di 145 cm.

Nelle aree sufficientemente umide la vegetazione è costituita da praterie con sfagni mentre i versanti del Monte Bettaforca, che circondano la torbiera, sono colonizzati da rari *Larix*, mentre più in basso si rinvencono arbusti di *Alnus viridis* e *Picea abies*.

Dal punto di vista climatico Sant'Anna è compresa in una zona a maggiore piovosità rispetto ai siti di cui sopra: infatti le precipitazioni sono di 994 mm annui e temperatura media annua di 3,8° C (MERCALLI *et al.*, 2003).

In generale, i siti considerati sono attualmente privi di vegetazione arborea densa, tranne la torbiera di Pilaz che è immersa in un bosco di larice mentre i restanti sono caratterizzati solo da qualche raro *Larix decidua* che raggiunge l'altitudine di 2500-2600 m. La fascia degli alberi nani e arbusti è caratterizzata da *Rhododendron ferrugineum*, *Juniperus nana*, *Salix hastata*, *Salix helvetica*, *Alnus viridis* e *Picea abies* allo stato arbustivo.

3. MATERIALI E METODI

I sedimenti per l'analisi pollinica e per quella dei macroresti sono stati prelevati con il carotiere russo dal diametro di 6 cm. A Pilaz è stata prelevata una

carota che ha raggiunto la profondità di 300 cm, alla torbiera di Champlong è stata prelevata una carota di 595 cm, al lago di Champlong una di 310 cm in cui i primi 190 cm rappresentano la profondità dell'acqua ed infine alla torbiera di Sant'Anna è stata prelevata una carota di 145 cm. Per ogni sito sono stati effettuati due carotaggi paralleli, uno da utilizzare per la descrizione stratigrafica e l'analisi pollinica, l'altro per l'analisi dei macroresti e le datazioni.

L'estrazione dei pollini dai sedimenti è stata eseguita secondo la metodica classica dell'acetolisi per le torbe (ERTDMAN, 1936) mentre per le argille è stato utilizzato il liquido di Thoulet (GOEURY & BEAULIEU, 1979). L'identificazione pollinica è stata effettuata con un microscopio a ingrandimento x 400 e x 1000. Sono stati utilizzati inoltre gli atlanti fotografici di REILLE (1992, 1995) e la palinoteca del Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie.

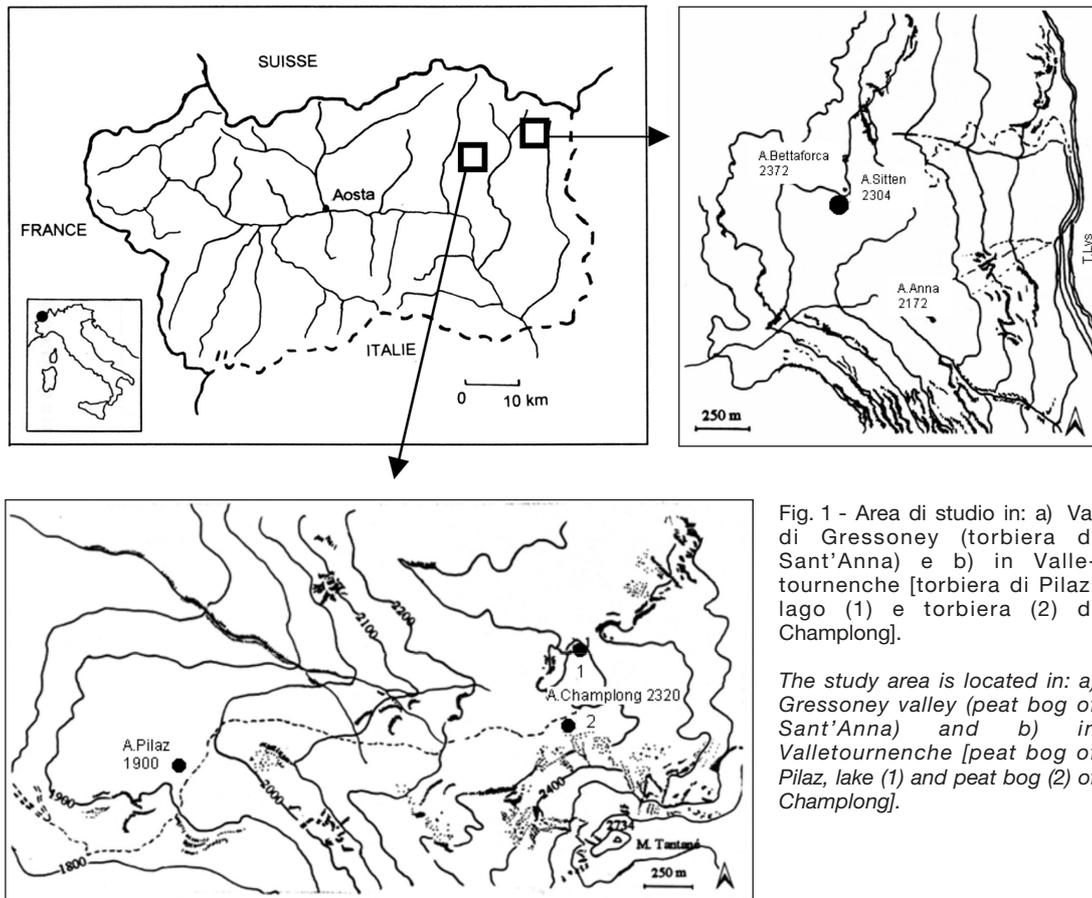
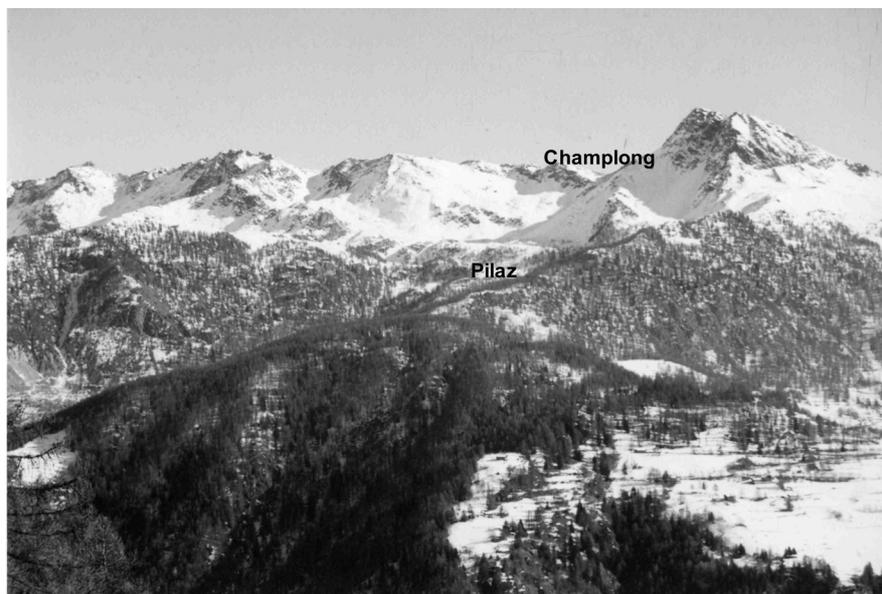


Fig. 1 - Area di studio in: a) Val di Gressoney (torbiera di Sant'Anna) e b) in Valle-tournenche [torbiera di Pilaz, lago (1) e torbiera (2) di Champlong].

The study area is located in: a) Gressoney valley (peat bog of Sant'Anna) and b) in Valletournenche [peat bog of Pilaz, lake (1) and peat bog (2) of Champlong].



La somma pollinica di ogni campione è compresa tra 300 e 800 pollini. Nel calcolo delle percentuali il polline delle piante acquatiche, delle Pteridophytae, delle Cyperaceae e delle indeterminate è stato escluso dalla somma totale (AP – arboreal pollen e NAP – non arboreal pollen = 100%); le concentrazioni sono state calcolate con il metodo volumetrico.

L'estrazione dei macroresti vegetali è stata effettuata su quantitativi costanti di 200 cc di sedimento; lo stesso è stato lavato con acqua ed è stato setacciato su maglie di 500, 250 e 180 µm. I macrofossili sono stati identificati usando uno stereoscopio da 10 a 40 ingrandimenti, utilizzando la collezione di riferimento e gli atlanti fotografici (BERGGREN, 1969, 1981; ANDERBERG, 1994). La determinazione dei legni è stata effettuata utilizzando le chiavi di determinazione di Jacquot (1955), Schweingruber (1990a, 1990b). L'analisi dei macroresti che è stata realizzata è solo di tipo qualitativo.

I risultati dell'analisi pollinica e dei macrofossili, sono rappresentati con il programma GPalWin (GOEURY, 1997) ed i diagrammi sono suddivisi in biozone con composizione floristica omogenea (PAZ).

Sono state effettuate 14 datazioni assolute su resti vegetali (aghi, legno, carboni, semi) e due su campioni di torba con il metodo dell'AMS (Accelerator Mass Spectrometry) all'Università di Tucson in Arizona (tab. 1).

4. RISULTATI E INTERPRETAZIONE

La stratigrafia dettagliata di ogni singolo carotaggio, è riportata alla sinistra del diagramma nonché le datazioni AMS in BP non calibrate.

Nei 4 diagrammi (Fig. 2, 3, 4, 5) sono stati riconosciuti 100 tipi pollinici, 23 tipologie di macrofossili e sono stati analizzati 328 campioni. Le correlazioni tra i diagrammi sono basate sulle cronologie individuate attraverso le datazioni e le analogie della composizione floristica (Tab. 3).

Il diagramma della **torbiera di Pilaz** (Fig. 2), situata a 1900 m s.l.d.m., sulla base delle datazioni, evidenzia gli eventi vegetali a partire da circa 12.000 BP. E' stato suddiviso in 11 biozone e sono state effettuate 7 datazioni assolute (Tab. 1).

Nella biozona **P1** (300-271 cm) il sedimento è composto da argilla ed è caratterizzato dalla presenza di basse percentuali dei taxa arborei (inferiori al 20%), da percentuali elevate di *Artemisia*, Chenopodiaceae, Apiaceae e Caryophyllaceae. Le concentrazioni sono estremamente basse per i taxa arborei (in media $4,1 \times 10^2$ p/g), nonché per *Artemisia* che ha in media $8,6 \times 10^2$ p/g. In questa PAZ sono stati individuati e determinati i macroresti riportati nella tabella 2; in particolare è da rilevare la presenza di semi di Ranunculaceae acquatiche e qualche raro resto di *Larix* e *Betula*. Sono state effettuate due datazioni che hanno avuto come risultato rispettivamente 9630 ± 145 BP e 11860 ± 110 BP; la prima delle due datazioni è stata rifiutata perché apparentemente in contrasto con la composizione floristica della zona pollinica, ma soprattutto perché anteriore alle tre datazioni effettuate nei livelli superiori. Il passaggio alla PAZ **P2** (271-265 cm) è determinato dal cambio repentino della sedimentazione da argilla a gyttja e dall'aumento delle frequenze del polline di Ranunculaceae acquatiche (fino a 40 %). Questa PAZ è caratterizzata dall'aumento delle concen-

Tabella 1 - Materiale datato e risultati ottenuti. * Calibration program Rev.3.0.2 (STUIVER & REIMER, 1993).

Dated materials and obtained results. * Calibration program Rev.3.0.2 (STUIVER & REIMER, 1993).

Località	Profondità in cm	Materiale datato	Età BP non calibrata	Età calendario calibrata (2σ)*	Rif.
Torbiera di Pilaz	50-60	Aghi di <i>Larix</i>	255±55	1480-1955 AD	AA15112
	110-115	Legno di <i>Pinus</i> tp. <i>cembra</i>	7865±75	7000-6480 BC	AA15111
	210-215	Semi	9570±80	9000-8460 BC	AA15113
	227-232	Legno indeterminato	9985±95	9744-9382 BC	AA23426
	240-245	Semi di <i>Biscutella</i>	10790±100	10925-10731 BC	AA23427
	273-276	Aghi di <i>Larix</i>	11860±110	12000-11658 BC	AA23429
	285-290	Aghi di <i>Larix</i>	9630±145	9059-8352 BC	AA17808
Torbiera di Champlong	215-220	Legno di <i>Pinus</i> tp. <i>cembra</i>	8110±75	7310-6720 BC	AA15106
	260-265	Carboni indeterminati	9030±95	8340-7900 BC	AA15105
Lago di Champlong	305-310	Legno di <i>Pinus</i>	3805±70	2460-2040 BC	AA15110
Torbiera di Santa Anna	45-50	Torba	1850±55	64-330 AD	A8227
	70-75	Torba	2900±75	1308-864 BC	A8226
	110-115	Legno di <i>Salix</i>	6770±120	5840-5441 BC	A8225
	135-140	Legno di <i>Salix</i>	9170±215	8916-7709 BC	A8224

Tabella 2 - Macroresti rinvenuti.
Macroremains found.

Località	Profondità	Macroresti rinvenuti
Torbiera di Pilaz	40-45	Semi di <i>Viola</i> sp.
	55	Aghi di <i>Larix</i>
	75	Legno indeterminabile
	85	Legno indeterminabile
	90-95	Aghi di <i>Larix</i> , legno di <i>Pinus</i> tp. <i>cembra</i> e <i>Abies alba</i> , legno indeterminabile, semi di <i>Carex</i>
	105	Legno indeterminabile
	110	Legno di <i>Pinus</i> tp. <i>cembra</i> e <i>Abies alba</i>
	120-125	Aghi di <i>Larix</i> , semi di <i>Carex</i>
	147	Legno di conifera
	151	Legno di <i>Larix/Picea</i>
	170-175	Aghi di <i>Larix</i> , frutti di <i>Betula</i> cfr. <i>pendula</i> , semi di <i>Carex</i>
	195-200	Frutti di <i>Betula</i> , legno di <i>Salix</i> , semi di <i>Larix</i> , semi di <i>Carex rostrata</i>
	205	Legno indeterminabile
	210-212	Semi di <i>Ranunculus</i> acquatico
	220-225	Aghi di <i>Larix</i> , frutti di <i>Betula</i> , semi di <i>Hippuris vulgaris</i> , semi di <i>Carex</i> , semi di <i>Ranunculus</i> acquatico, semi di <i>Eleocharis</i> , semi di <i>Potamogeton natans</i> , semi di <i>Sparganium</i> sp.
	230-235	Legno di <i>Betula</i> , frutti di <i>Betula</i> , semi di <i>Hippuris</i> , semi di <i>Ranunculus</i> acquatico, semi di <i>Caryophyllaceae</i> , semi di <i>Eleocharis</i>
	245-250	Aghi di <i>Larix</i> , semi di <i>Ranunculus</i> acquatico, semi di <i>Hippuris vulgaris</i> , semi di <i>Eleocharis</i> , legno indeterminabile
	260-265	Frutti di <i>Betula</i> , semi di <i>Ranunculus</i> acquatico, semi di <i>Viola</i> , semi di <i>Biscutella</i> , semi di <i>Eleocharis</i>
	265-268	Aghi di <i>Larix</i> , semi di <i>Ranunculus</i> acquatico
270-271	Semi di <i>Ranunculus</i> acquatico	
280-283	Aghi di <i>Larix</i> , semi di <i>Ranunculus</i> acquatico	
285-290	Aghi di <i>Larix</i> , frutti di <i>Betula</i> , semi di <i>Ranunculus</i> acquatico	
293-296	Legno di <i>Larix/Picea</i> e aghi di <i>Larix</i>	
Lago di Champlong	280-290	Legno di <i>Pinus</i> tp. <i>cembra</i>
	305	Legno di <i>Pinus</i> indeterminabile e aghi
Torbiera di Champlong	60	Legno di <i>Salix</i>
	80	Legno di <i>Salix</i>
	135	Legno di <i>Larix/Picea</i>
	150-160	Aghi di <i>Larix</i> , frutti di <i>Betula pubescens</i> cfr., semi di <i>Carex</i>
	170	Legno di <i>Salix</i>
	190	Legno di <i>Betula</i>
	196	Legno di <i>Pinus</i> tp. <i>cembra</i>
	200	Legno di <i>Betula</i>
	215-217	Legno di <i>Betula</i> , legno di <i>Pinus</i> tp. <i>cembra</i> , <i>Pinus</i> tp. <i>sylvestris</i> , <i>Salix</i> sp., frutto di <i>Pinus cembra</i> , aghi indeterminabili.
	220	Legno di <i>Pinus</i> tp. <i>cembra</i>
	225	Legno di <i>Pinus</i> tp. <i>cembra</i>
	232	Legno di <i>Pinus</i> tp. <i>cembra</i>
	235	Legno di <i>Larix/Picea</i>
	245	Legno di <i>Larix/Picea</i>
	275-285	Megaspore di <i>Selaginella selaginoides</i>
	305-315	Semi di <i>Carex</i>
390-400	Aghi di <i>Larix</i> , semi di <i>Carex</i>	
410-420	Resti vegetali indeterminabili	
435-445	Semi di <i>Saxifraga</i> sp.	
450	Tracheide di <i>Betula</i>	
Torbiera di Santa Anna	110-115	Legno di <i>Salix</i>
	135-140	Legno di <i>Salix</i>
	?	Legno di <i>Larix/Picea</i> e <i>Pinus</i> tp. <i>cembra</i>

Eleocharis sp., *Potamogeton natans*, *Sparganium* sp., aghi di *Larix* e frutti di *Betula*.

La biozona **P6** (210-195 cm) è stata individuata per il picco di polline di taxa erbacei, in particolare si osserva un aumento delle percentuali di Cyperaceae, *Pteridium* tp., Campanulaceae, Scrophulariaceae, *Trifolium* tp., *Lathyrus* tp., Apiaceae e Cichorioideae. I macroresti osservati sono: frutti di *Betula*, semi di *Larix* e *Carex rostrata* e legno di *Salix*. Nessuna data è stata realizzata per questa biozona, ma l'interpolazione permette di attribuirle ad un periodo compreso tra 9400 e 9100 BP. La biozona successiva **P7** (195-115 cm) è estremamente omogenea sia dal punto di vista floristico che stratigrafico. È caratterizzata dalla presenza dei macroresti e percentuali superiori al 5% di *Larix*. Le elevate concentrazioni (24×10^3 p/g) e percentuali di *Pinus* non sono supportate dal ritrovamento dei suoi macroresti, mentre sono presenti solo semi di *Carex* e frutti di *Betula*.

La biozona **P8** (115-100 cm) è stata individuata in corrispondenza della diffusione del polline di *Abies alba* datata 7865 ± 75 BP ed individua un picco nelle percentuali (42%) e concentrazioni (12×10^4 p/g) di *Betula*. Sono presenti i resti legnosi di *Pinus* tp. *cembra* e *Abies alba*.

La biozona **P9** (100-70 cm) è caratterizzata da una ridotta presenza del polline di *Larix*, di cui sono presenti i macroresti (aghi), da una fase dominata da *Abies* di cui è osservato l'aumento delle percentuali e delle concentrazioni ($19,5 \times 10^3$ p/g), nonché la loro rapida riduzione. Compagno il polline di *Juglans* e *Castanea*. In questa biozona sono stati inoltre osservati alcuni resti legnosi, ma il loro pessimo stato di conservazione ne ha impedito la determinazione. Si verifica la brusca riduzione delle Cyperaceae a cui si contrappone un aumento del polline dei taxa erbacei in particolare Cichorioideae e Campanulaceae.

La biozona **P10** (70-40 cm), datata alla base 255 ± 55 BP, è stata individuata in corrispondenza della riduzione delle concentrazioni ($1,5 \times 10^3$ p/g) e delle percentuali di *Abies* e dell'inizio della curva continua di *Picea* e *Fagus*. Gli ultimi macroresti osservati appartengono a *Larix* le cui percentuali variano da > 1% a 2%. È una biozona con Ericaceae di cui è ben nota la scarsa produzione di polline ed il loro scarso trasporto.

Nella biozona **P11** (40-10 cm) non sono stati osservati resti di taxa arborei ed erbacei. È da rilevare la presenza del polline delle Ericaceae (7%), Rosaceae, *Plantago* tp. *alpina*, *Rumex*, Cichorioideae, Cyperaceae e *Selaginella*.

Alla **torbiera di Champlong**, (Fig. 3) la **CHT1** (595-560 cm) è dominata da erbacee steppiche, in prevalenza *Artemisia* ($12,2 \times 10^2$ p/g). È da notare la presenza del polline di *Pinus* ($5,2 \times 10^2$ p/g), *Betula*, *Juniperus* ed Ericaceae, ma in questa biozona non sono stati ritrovati macroresti vegetali. La **CHT2** (560-435 cm) corrisponde all'aumento delle concentrazioni di *Pinus* ($11,7 \times 10^3$ p/g), Poaceae ($5,7 \times 10^2$ p/g) e *Artemisia* ($2,4 \times 10^3$ p/g); aumenta la percentuale di *Pinus*, quella di *Artemisia* diminuisce, mentre le Poaceae restano costanti. Sono sempre presenti *Betula* e *Juniperus* anche se le frequenze diminuiscono e diventano inferiori a 1%. In queste due PAZ sono presenti in modo continuo anche *Salix* e *Alnus viridis*. Nella parte superiore della CHT 2 sono stati rinvenuti semi di *Saxifraga* sp. e una tracheide di *Betula*.

Nella **CHT3** (435-260 cm) si assiste alla riduzione delle concentrazioni di tutti i taxa (arborei: $2,3 \times 10^3$ p/g; erbacei: $1,6 \times 10^3$ p/g). La parte superiore della PAZ è stata datata 9030 ± 95 BP. Sono stati rinvenuti i seguenti macroresti: megaspore di *Selaginella selaginoides*, semi di *Carex*, aghi di *Larix* e resti vegetali indeterminabili.

A partire dalla **CHT4** (260-235 cm) aumentano le frequenze e le concentrazioni dei taxa arborei ($20,5 \times 10^3$ p/g), in particolare *Pinus* ($18,4 \times 10^3$ p/g), *Betula* ($5,7 \times 10^2$ p/g) e *Larix* ($7,1 \times 10^2$ p/g), mentre si riducono drasticamente le percentuali dei taxa erbacei. Per quel che riguarda i macroresti in ordine di apparizione troviamo i legni di *Larix* e successivamente quelli di *Pinus cembra*; quest'ultimo taxon marca l'inizio della **CHT5** (235-220 cm) che è quindi caratterizzata dalla diffusione di *Pinus cembra* e dalle concentrazioni elevate di *Pinus* ($34,3 \times 10^3$ p/g). La parte finale della PAZ è stata datata 8110 ± 75 BP da cui si deduce che in questo settore della Valle d'Aosta la diffusione di *Pinus cembra* è iniziata a circa 8400 BP. I macroresti rinvenuti sono stati identificati come legni di *Pinus cembra*, di *Betula*, di *Pinus* tp. *sylvestris*, di *Salix* sp. e un frutto di *Pinus cembra*.

CHT6 (220-170 cm) corrisponde all'inizio della curva continua di *Abies* registrata a partire da 8110 BP, dalla presenza di *Larix* benchè le sue percentuali e concentrazioni diminuiscano ($2,1 \times 10^2$ p/g). Aumentano le percentuali e le concentrazioni di *Betula* ($2,3 \times 10^3$ p/g) e di *Pinus cembra* (6×10^2 p/g), mentre inizia la progressiva riduzione delle concentrazioni di *Pinus* ($17,6 \times 10^3$ p/g). A livello stazionale è evidente un aumento delle percentuali di Cyperaceae. Tra le specie arbustive è anche da rilevare la presenza quasi continua del polline delle Ericaceae. I macroresti rinvenuti sono legni appartenenti a *Betula*, *Pinus* tp. *cembra* e *Salix*.

La **CHT7** (170-145 cm) è stata individuata per l'elevata percentuale di Cyperaceae, per le concentrazioni di *Pinus* ($1,3 \times 10^3$ p/g) che diminuiscono bruscamente, anche se le percentuali non hanno lo stesso andamento e rimangono su valori elevati (70%) e per la diminuzione delle concentrazioni di *Pinus cembra* ($1,3 \times 10^2$ p/g). È da rilevare inoltre la presenza di due picchi di *Juniperus* a 160 e 145 cm di profondità. A 160 cm di profondità si assiste anche al cambio di sedimentazione passando da gyttja a torba. I macroresti rinvenuti sono in particolare semi di *Carex*, aghi di *Larix* e frutti di *Betula pubescens* cfr.

La **CHT8** (145-35 cm) è caratterizzata dalla riduzione delle Cyperaceae, dall'aumento delle Poaceae; la vegetazione arborea rimane su valori pressochè costanti, ad eccezione di *Larix* che raggiunge percentuali inferiori a 1% e di cui non si rinvergono più i macroresti a partire da 135 cm di profondità. Rimangono costanti le percentuali di *Pinus*, *Abies* e *Pinus cembra*. Si distingue una fase a *Salix*, di cui sono stati osservati anche i macroresti.

Nella **CHT9** (35-15 cm), ultimo spettro del diagramma, è da rilevare la presenza del polline di taxa legati all'antropizzazione, quali *Castanea*, *Olea* ed i cereali, una riduzione delle percentuali di *Abies*, *Pinus cembra* ed un aumento invece delle erbacee con Poaceae, *Artemisia* e Cyperaceae.

Quest'ultima biozona si correla con le biozone CHL2 e CHL3 del diagramma del lago di Champlong; con la sovrapposizione dei due diagrammi si può ricostruire la sequenza completa della vegetazione olocenica.

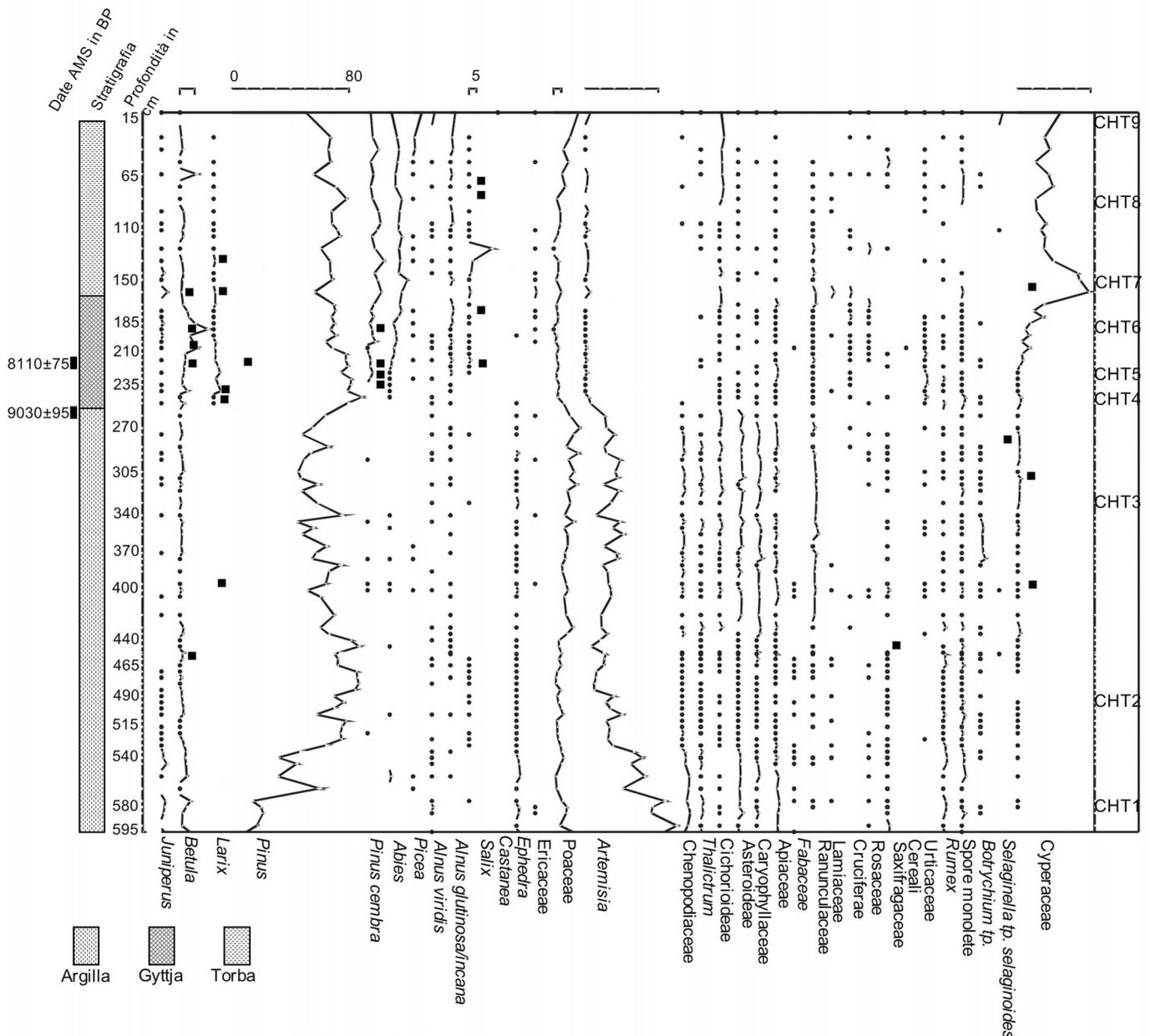


Fig. 3 - Diagramma pollinico semplificato della torbiera di Champlong. Il quadrato indica la presenza di macroresti.
 Pollen percentage diagram from Champlong peat bog including major taxa. The square shows macroremains.

Il lago di Champlong (Fig. 4) ha avuto una sedimentazione di gyttja omogenea e apparentemente non perturbata permettendo quindi di stimare la velocità di sedimentazione media di 0,03 cm/anno.

La **CHL1** (310-291 cm), la cui parte basale è data a 3805 ± 70 BP, è caratterizzata dal polline di taxa erbacei quali Cichorioideae, Ranunculaceae, *Rumex*. Tra i taxa arborei si riscontrano percentuali di 40% di *Pinus* e 7% di *Pinus cembra*.

La biozona **CHL2** (291-265 cm) è stata definita sulla base dell'inizio della curva continua di *Alnus glutinosa/incana*, di *Alnus viridis* e di *Picea*; si osserva la diminuzione delle erbacee e la curva continua delle *Cyperaceae*. Inoltre è stato rinvenuto l'ultimo resto legnoso della sequenza determinato come *Pinus tp.cembra*.

La biozona **CHL3** (265-240 cm) è caratterizzata dalla riduzione delle percentuali e delle concentrazioni di *Pinus*; aumentano invece le Cichorioideae, *Rosaceae*, *Rumex* e *Botrychium tp.*

La biozona **CHL4** (240-220 cm) corrisponde ad una nuova diminuzione dei taxa erbacei ma si verifica una risalita delle percentuali di *Betula*, *Pinus* e di *Alnus glutinosa/incana*.

La biozona **CHL5** (220-190 cm) è caratterizzata dalla diminuzione delle percentuali di *Pinus*, dall'aumento di *Alnus viridis*, *Castanea*, *Juglans*, *Plantago tp. alpina*, *Cereali*, *Rumex* e *Artemisia*.

Il diagramma della torbiera di Sant'Anna (Fig. 5), situata a 2304 m s.l.d.m. in Val di Gressoney, riporta gli eventi vegetali a partire da circa 9200 BP; è stato suddiviso in 9 biozone e sono state effettuate 4 datazioni

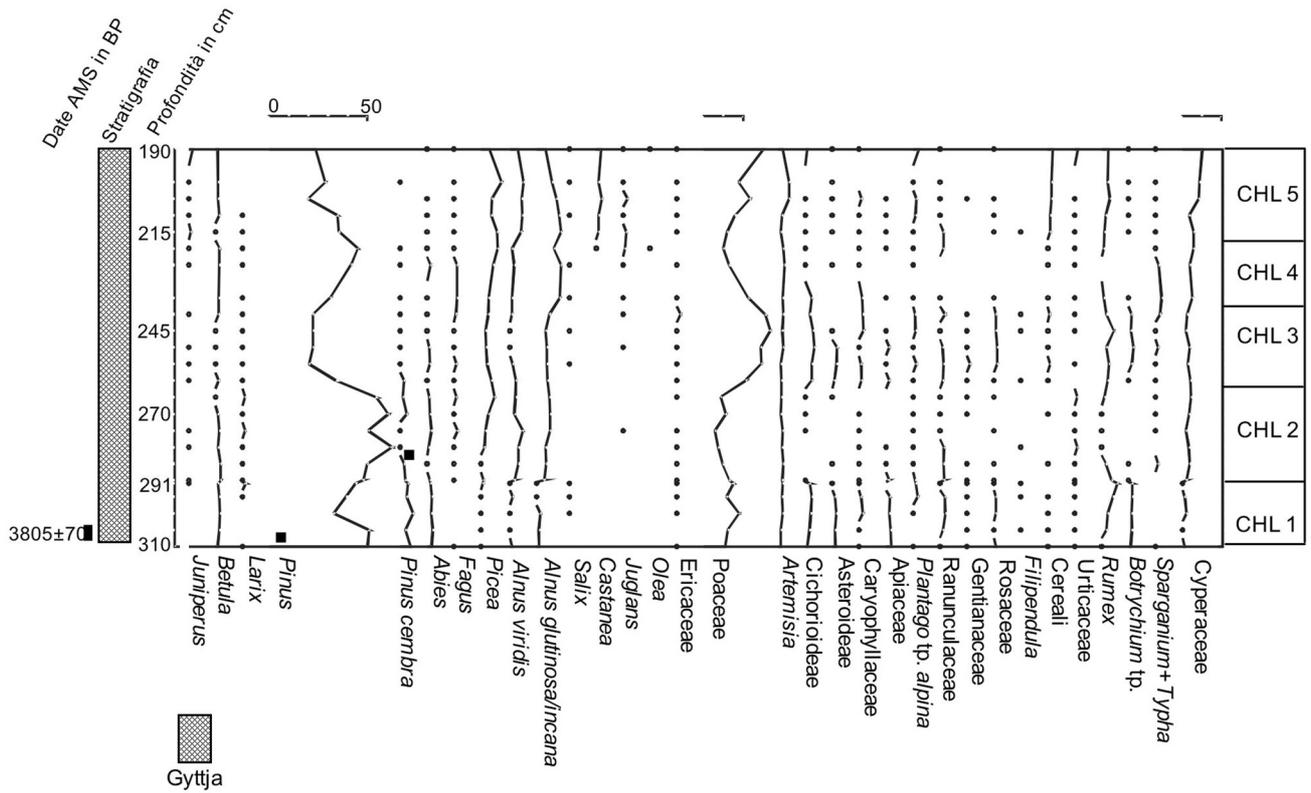


Fig. 4 - Diagramma pollinico semplificato del lago di Champlong. Il quadrato indica la presenza di macroresti.
 Pollen percentage diagram from Champlong lake including major taxa. The square shows macroremains.

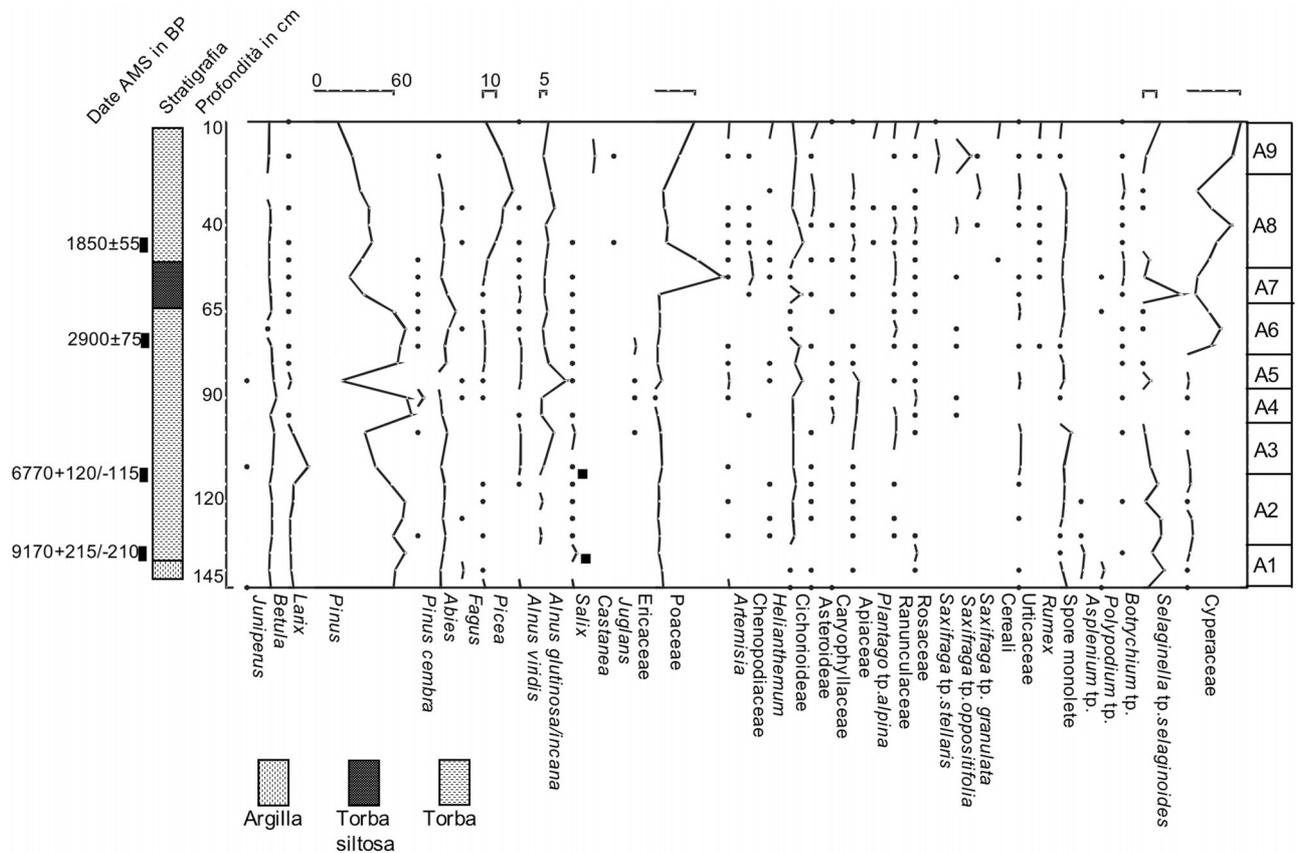


Fig. 5 - Diagramma pollinico semplificato della torbiera di Sant'Anna. Il quadrato indica la presenza di macroresti.
 Pollen percentage diagram from Sant'Anna peat bog including major taxa. The square shows macroremains.

assolute (Tab. 1).

La biozona **A1** (145-135 cm) è caratterizzata dal polline di *Pinus* (65%) con concentrazione di 4×10^3 p/g; le percentuali del polline di *Larix* sono dell'1% ma la presenza *in situ* non è dimostrata dai suoi macroresti; è invece sicuramente presente *Salix* di cui sono stati determinati i resti legnosi. Le spore di *Selaginella* tp. *selaginoides* compaiono per la prima volta con valori elevati (15%).

La biozona **A2** (135-115 cm) è caratterizzata dall'aumento delle percentuali di *Larix* (10%), delle sue concentrazioni (10^3 p/g) e dalla riduzione delle spore di *Selaginella* tp. *selaginoides*. La parte superiore di questa biozona è stata datata 6770±120/-115 BP.

La biozona **A3** (115-100 cm) è caratterizzata dal massimo delle percentuali di *Larix* (15%) e dalla riduzione del polline di *Pinus* e delle spore di *Selaginella*. Inizia la presenza continua di *Alnus glutinosa/incana* e di *Alnus viridis*.

La biozona **A4** (100-90 cm) è stata individuata per il picco delle concentrazioni di *Pinus* (5×10^4 p/g), di *Pinus cembra* ed una fase ad erbacee (Cichorioideae, Apiaceae, Ranunculaceae, Caryophyllaceae) accompagnata dalla riduzione del polline di *Alnus glutinosa/incana* e *Larix*.

La biozona **A5** (90-80 cm) è invece caratterizzata dalla diminuzione delle percentuali e delle concentrazioni di *Pinus*, la riespansione di *Alnus glutinosa/incana*, l'espansione di *Alnus* tp. *viridis*, *Selaginella* tp. *selaginoides* ed un aumento delle Apiaceae e delle Cichorioideae.

Nella biozona **A6** (80-65 cm) si assiste ad un aumento delle percentuali di *Abies* e all'alta presenza di *Pinus* senza tuttavia aver osservato i loro macroresti. Il brusco innalzamento delle percentuali delle Cyperaceae potrebbe essere indicatore di uno *hiatus* nella sedimentazione: infatti la stratigrafia risulta assai complessa ma è stata rappresentata in maniera semplificata nel diagramma di figura 5.

La biozona **A7** (65-55 cm) corrisponde ad una diminuzione delle percentuali di *Pinus*, alla risalita delle Poaceae, delle Cichorioideae nonché alla ricomparsa delle spore di *Selaginella* tp. *selaginoides*.

La biozona **A8** (55-30 cm), che corrisponde all'inizio delle curva del polline di *Picea*, è stata datata, nella parte basale, 1850±55 BP. Si osserva una nuova avanzata delle Cyperaceae, Cichorioideae ed un riduzione delle Poaceae.

Nella biozona **A9** (30-10 cm) è evidente la riduzione di tutto il PA, mentre si osserva un aumento nelle presenze di *Saxifraga* tp. *oppositifolia*, *Saxifraga* tp. *stellaris*, *Selaginella* tp. *selaginoides*, *Plantago* tp. *alpina*, Asteroideae, *Helianthemum* e Rosaceae.

Sull'altipiano, in corrispondenza di alcuni lavori di scavo per la realizzazione di un impianto di risalita, sono venuti alla luce diversi frammenti legnosi di *Larix* e *Pinus cembra* di cui però non è stato possibile stabilire l'esatta posizione stratigrafica.

5. DISCUSSIONE

L'utilizzo di sequenze provenienti da diverse altitudini è certamente un aspetto favorevole per lo studio del limite altitudinale delle singole specie arboree dopo

l'ultimo massimo glaciale. Purtroppo quelle provenienti da siti superiori ai 2300 m non sempre contengono informazioni complete per la presenza di *hiatus* nella sedimentazione e nella maggior parte dei casi si tratta di sedimento troppo recente che non offre un valido supporto per analizzare gli eventi vegetali tardoglaciali. La posizione della Valle d'Aosta, la sua esposizione e quindi le sue caratteristiche climatiche sono i fattori che hanno influenzato in maniera decisiva il ritiro precoce dei ghiacci favorendo l'inizio di una sedimentazione già a partire da 12000 BP nei siti a 2300 m. Dal punto di vista metodologico è quindi di fondamentale importanza la scelta dei siti da analizzare e l'utilizzo dell'analisi pollinica supportata da quella dei macroresti vegetali e dalle concentrazioni.

I diagrammi delle torbiere di Pilaz e Champlong sono i più idonei per studiare il limite altitudinale degli alberi durante il tardoglaciale e per evidenziare le differenze dell'evoluzione della vegetazione ad altitudini differenti: infatti essendo i due siti localizzati rispettivamente a 1900 e 2320 m d'altitudine sullo stesso versante (Fig. 1), dovrebbero aver registrato la stessa pioggia pollinica e, attraverso i macroresti, si può valutare l'evoluzione della vegetazione eliminando l'effetto del trasporto pollinico a media e lunga distanza. Il confronto con il diagramma ottenuto dalla torbiera di S. Anna a 2300 m, ha permesso di evidenziare come ad altitudini analoghe, il fattore umidità abbia inciso sulla diffusione delle specie vegetali arboree, arbustive ed erbacee (HEIRI *et al.*, 2006).

Nella tabella 3 sono riportati i risultati delle analisi delle 4 sequenze correlate in base alle analogie tra le composizioni floristiche delle biozone e delle loro datazioni.

> **12000 BP**: nessuna datazione ricopre questo periodo. L'unica datazione nella biozona P1 ha avuto come risultato 9630±145 BP e sembra essere troppo giovane se confrontata con la composizione pollinica della biozona stessa: infatti se accettassimo questa datazione dovremmo escludere quelle dei livelli superiori che invece sono coerenti con la composizione pollinica del periodo, anche se sembrano esse stesse troppo recenti. Probabilmente questo sedimento è stato interessato da uno *hiatus*, testimoniato dal brusco aumento delle Ranunculaceae acquatiche, presente in corrispondenza del cambio di sedimentazione, e potrebbe essere la causa delle datazioni troppo recenti ottenute dai macroresti prelevati. Le biozone P1 e CHT1, caratterizzate da un sedimento argilloso, dall'assenza quasi totale di macroresti, ad esclusione di un frammento di legno attribuito a *Larix/Picea* e alcuni aghi di *Larix*, e dalle concentrazioni estremamente basse, rivelano condizioni ambientali caratteristiche dell'ultimo Interstadiale (Last Glacial Interstadial = LGI) con scarsa vegetazione, che comprendeva esemplari isolati di *Larix* e *Betula* che crescevano su suolo estremamente povero. L'assenza di polline di *Larix*, ma la presenza di macroresti (legno e aghi), può essere la conseguenza della sterilità di questi esemplari che vegetavano al limite delle loro condizioni vitali.

12000 - 10700 BP: (CHT2, P2, P3) a Champlong e Pilaz doveva essere ancora presente una vegetazione erbacea steppica; si verifica tuttavia un aumento, rispetto alla biozona precedente, delle concentrazioni di *Pinus* ($11,7 \times 10^3$ p/g), di *Artemisia* ($2,4 \times 10^3$ p/g) e delle

Tabella 3 - Correlazione tra i diagrammi.
Correlation between the diagrams.

	Torbiera Pilaz	Torbiera Champlong	Lago Champlong	Torbiera S. Anna	Principali eventi vegetali
	P11		CHL5	A9	Diminuzione delle percentuali di <i>Pinus</i> , massimo di <i>Juglans</i> e <i>Castanea</i> . Aumento delle percentuali del PNA.
	P10 255±55 BP Hiatus		CHL4	A8 1850±55 BP	Picco di <i>Pinus</i> e <i>Picea</i> . Diminuzione del PNA.
			CHL3	A7 Hiatus	Aumento del polline non arboreo PNA.
2500		CHT9	CHL2		A6 2900±75 BP
	P9	CHT8	CHL1 3805±70	A5 A4	Si diffonde <i>Abies</i> . A Pilaz e a S. Anna è presente <i>Larix</i> . Alla torbiera di Champlong è presente <i>P. cembra</i> , una fase a <i>Salix</i> e qualche <i>Larix</i> .
5000	P8	CHT7 CHT6		A3 6770+120/-115 BP A2	Picco di <i>Betula</i> a Champlong e Pilaz. L'inizio della curva continua di <i>Abies</i> permette di correlare i diagrammi di Pilaz e Champlong; a Pilaz <i>Abies</i> è <i>in situ</i> con <i>Larix</i> e qualche raro <i>P. cembra</i> , a Champlong ci sono <i>P. cembra</i> e <i>Betula</i> (CHT6). A S. Anna <i>Abies</i> è stato registrato (5%) già a partire da 9000 BP. A S. Anna e Champlong sono presenti resti di <i>Salix</i> .
	7865±75 BP P7 P6	8110±75 BP CHT5		A1 9170+215/-210 BP	Percentuali elevate di <i>Pinus</i> . Differenziazione della vegetazione in funzione dell'altitudine: a Pilaz dominano <i>Larix</i> e <i>Betula</i> ; a Champlong <i>Pinus cembra</i> e <i>Larix</i> ; a S. Anna <i>Larix</i> e <i>Salix</i> .
8000	P5	CHT4			Aumentano le percentuali e le concentrazioni di <i>Pinus</i> , <i>Betula</i> e <i>Larix</i> .
9000	P4 9985±95BP	CHT3			Riduzione delle concentrazioni di tutti i taxa.
10000	10790±100 BP P3 P2	CHT2			Aumento delle concentrazioni di <i>Pinus</i> , Poaceae, <i>Artemisia</i> . Diminuiscono le percentuali di <i>Artemisia</i> .
10700	11860±110 BP P1	CHT1			Basse percentuali e concentrazioni del polline arboreo (AP), domina <i>Artemisia</i> .
12000	9630±145 BP				

Poaceae ($5,7 \times 10^2$ p/g). Il sedimento argilloso di Champlong è quasi privo di macroresti, ma viene osservata per la prima volta una tracheide di *Betula*, testimoniando della presenza di qualche raro esemplare di questo taxon nei pressi della torbiera o nell'altopiano sottostante la torbiera, e semi di *Saxifraga* sp. Sia a Pilaz che a Champlong la presenza del polline di

Juniperus e *Betula* è contemporanea diversamente da quanto avviene comunemente nella dinamica vegetale al passaggio dal glaciale al LGI, in cui la prima specie pioniera è *Juniperus*. I due taxa, viste le basse percentuali, erano abbastanza rari, ma a Pilaz, dove sono stati identificati i frutti di *Betula*, erano sicuramente presenti degli individui. Le due popolazioni non avevano nè rap-

porti dinamici nè di competizione, ma colonizzavano aree con caratteristiche ecologiche diverse: *Betula* su suoli poveri e depositi morenici, mentre *Juniperus* vegetava su suoli in via di evoluzione. A Pilaz le concentrazioni di *Pinus*, *Artemisia* e Poaceae aumentano rispetto alla biozona precedente ed inoltre si può considerare continua la presenza di *Larix*, di cui sono stati determinati gli aghi, numerosi, leggeri e facilmente trasportabili dal vento, che probabilmente viveva sui rilievi che circondano l'attuale torbiera, ma non è da escludere che potesse colonizzare i versanti sottostanti la torbiera ed esposti a Sud. La presenza precoce di *Larix* in questo settore delle Alpi sia a bassa altitudine (SCHNEIDER, 1978) che ad altitudine elevata (BRUGIAPAGLIA, 1997) è già nota. La torbiera doveva essere attraversata da un corso d'acqua formatosi dopo lo scioglimento dei ghiacci vista la presenza dei semi di *Ranunculus aquatilis* (probabilmente da riferire all'attuale *Ranunculus aquatilis*) che vive in acque correnti abbastanza veloci, fredde, particolarmente limpide e poco profonde con le radici ancorate al substrato, ed è assai frequente trovarlo in Europa durante il Dryas antico (REILLE, 1990, BEAULIEU *et al.*, 1988). A Pilaz la presenza di Ranunculaceae acquatiche è elevata (50% e macroresti) nel LGI così come al lago Hobschensee a 2017 m d'altitudine al passo del Sempione (LANG & TOBOLSKI, 1985) in cui il polline di Ranunculaceae acquatiche è abbondante durante il LGI, mentre a Cheylanes, a 1040 m nel Massiccio Centrale, è presente sia durante il Dryas antico che per tutto l'interstadio tardoglaciale (BEAULIEU *et al.*, 1988). Intorno al lago erano presenti delle cinture di vegetazione colonizzate dalle specie in relazione alle loro esigenze ecologiche: *Hippuris vulgaris* nelle zone con acque limpide e stagnanti, *Eleocharis* nelle zone paludose e Cyperaceae le cui numerose specie possono vivere sia in acqua che nella palude. All'aumento delle Cyperaceae in P3 corrisponde la riduzione delle Ranunculaceae acquatiche probabilmente da imputare alla naturale dinamica delle aree lacustri; tuttavia questo evento non è evidente nella stratigrafia del carotaggio e tantomeno dalla presenza di semi di *Carex* che invece cominciano a comparire solo tra 220 e 225 cm di profondità.

Le biozone comprese in questo periodo, appartenenti all'ultimo interstadio, evidenziano il carattere periglaciale del sito di Champlong rispetto a quello di Pilaz in particolare per l'assenza di vegetazione forestale e di vegetazione acquatica in CHT2. Per contro la vegetazione erbacea steppica stava diffondendosi come dimostra il polline di *Rumex*, Caryophyllaceae semi di *Saxifraga* sp. I fattori limitanti per lo sviluppo della vegetazione dovrebbero essere stati le caratteristiche pedologiche, la temperatura dell'acqua e la sua profondità.

10700 - 10000 BP (P4, CHT3): a 1900 e a 2300 m le curve delle frequenze dei principali taxa arborei hanno lo stesso andamento, ossia la riduzione delle percentuali di *Pinus*, più evidente a Pilaz che a Champlong e l'aumento delle percentuali di Poaceae e di *Artemisia*. Rispetto alla conozone precedente a Champlong diminuiscono le concentrazioni di *Pinus*, di *Artemisia* e delle Poaceae. A Pilaz diminuiscono *Pinus* e *Artemisia* mentre le Poaceae aumentano.

A Champlong, nel livello tra 390 e 400 cm, com-

paiono per la prima volta gli aghi di *Larix* che potrebbero essere sia di origine locale, che trasportati dalle popolazioni viventi più in basso. Il paesaggio era costituito essenzialmente da praterie steppiche fredde con Chenopodiaceae, Cichorioideae, Asteroideae, Caryophyllaceae, Apiaceae, Ranunculaceae e *Botrychium* tp., e ambienti umidi con vegetazione a *Carex*. Anche a 1900 m questo periodo corrisponde ad un aumento delle specie erbacee in particolare aumentano le Poaceae. La vegetazione lacustre-palustre era ancora presente così come nella biozona precedente benchè le percentuali delle Ranunculaceae acquatiche subirono un forte calo legato probabilmente alla sedimentazione che passa da gyttja a torba. Tra le specie arboree *Betula*, di cui sono presenti i frutti ed il legno, caratterizzava il paesaggio forestale a scapito di *Larix* di cui non sono stati osservati i macroresti e che probabilmente subì una riduzione. Sulla base della composizione floristica queste biozone possono essere attribuite all'ultima oscillazione fredda del Tardoglaciale.

10000 - 9000 BP (P5, CHT4): le due biozone sono caratterizzate dall'aumento delle percentuali e delle concentrazioni di *Betula* ($4,8 \times 10^3$ p/g; $5,7 \times 10^2$ p/g), *Larix* ($3,8 \times 10^2$ p/g; $7,1 \times 10^2$ p/g) e *Pinus* (12×10^3 p/g; $18,4 \times 10^3$ p/g).

La datazione della parte basale della biozona CHT4, che ha dato come risultato 9030 ± 95 BP, non è stata presa in considerazione nell'interpretazione dei dati: infatti sembra essere troppo recente se confrontata con la composizione pollinica della biozona tipica dell'Olocene iniziale. Questa datazione, vista l'assenza di altri macroresti, è stata ottenuta su carboni che non sono i migliori resti da datare perché presentano problematiche legate ai movimenti nel suolo (CARCAILLET, 2001). Si può tuttavia ipotizzare la validità della datazione ma in questo caso dovremmo ammettere la presenza di uno *hiatus* di sedimentazione in corrispondenza del passaggio dal Tardoglaciale all'Olocene che non è tuttavia evidente dal diagramma pollinico.

In questo periodo è da rilevare la riduzione delle percentuali di Poaceae e di *Artemisia*, nonché a Pilaz la scomparsa del polline e dei macroresti di Ranunculaceae acquatiche da cui si evince che oramai il livello delle acque si era definitivamente abbassato con la continuazione della deposizione della torba iniziata nel periodo precedente. Il rapporto AP/NAP è a favore del polline arboreo ed in particolare a Pilaz la specie dominante è *Larix* così come a Champlong in cui, sulla base della presenza dei macroresti, si evince che il ruolo pioniero lo ha svolto *Larix* invece di *Betula* la quale dovrebbe essersi espansa solo successivamente considerando che i suoi macroresti compaiono a circa 8100 BP. A Pilaz sembra che *Betula* abbia avuto un ruolo pioniero, ma non è possibile stabilirlo con certezza in quanto i macroresti di questo taxon compaiono contemporaneamente a quelli di *Larix*. Un'altra differenza nella dinamica vegetale della colonizzazione postglaciale è la presenza, a Pilaz, di un leggero aumento delle percentuali (< 5%) di *Juniperus* assente invece a Champlong. Quindi a Pilaz erano presenti contemporaneamente due taxa pionieri (*Juniperus* e *Betula*) che dimostrano come il sito fosse caratterizzato da un mosaico di situazioni ecologiche differenti: *Juniperus*, che attualmente rientra nella dinamica della serie dei

boschi meso-termofili e termofili di cembro e larice, colonizzava suoli superficiali e rocciosi, mentre *Betula* colonizzava i terreni grezzi tipo le morene essendo una specie pioniera che si adatta a tutti i substrati (RAMEAU, 1993).

9000 - 8000 BP (P6, P7, CHT5, A1): è da mettere in evidenza la diversa sedimentazione tra Champlong (10 cm di sedimento) e Pilaz (65 cm di sedimento) determinando quindi una maggiore risoluzione nella registrazione degli eventi vegetali in quest'ultimo sito. A Pilaz infatti si può individuare una subzona (P6), in cui lo spettro di 200 cm è il più significativo, con carattere aridofilo poco evidente invece a Champlong. Questa fase arida ha determinato lo sviluppo di una prateria a Cichorioideae, Apiaceae, Leguminosae, Campanulaceae, *Pteridium* e Cyperaceae. Un periodo di aridità e di basso livello dei laghi è stato anche ritrovato da MAGNY (2004) nel Giura tra le fase 15 e 14 nonché nelle Alpi centrali dell'Austria (SCHMIDT *et al.*, 2006). A 1900 m la vegetazione forestale era dominata da *Larix* mentre nelle zone di margine era probabilmente presente un prebosco a *Betula*. A 2300 m la vegetazione forestale era caratterizzata da *Pinus cembra*, *Pinus sylvestris* e *Larix* (4%) di cui tuttavia non sono stati rinvenuti i macroresti, ma la percentuale elevata fa ritenere che il popolamento di larice fosse molto esteso e denso. Benchè il confronto tra la vegetazione delle due altitudini sia reso più complesso dalla differente sedimentazione, anche a Champlong è evidente una fase ad erbacee tra cui *Artemisia*, Apiaceae e Urticaceae. E' in corrispondenza di questa biozona che si manifesta in maniera decisa la differenza tra la vegetazione forestale in relazione all'altitudine: a Pilaz dominavano *Larix* e *Betula*, mentre a Champlong *Pinus cembra* e *Larix*. Un'ipotesi per spiegare la presenza e lo sviluppo di una cembreta a 2300 m senza averne mai trovata prima a 1900 m, sarebbe quello di ammettere che *Pinus cembra* si sia diffuso dall'adiacente Val d'Ayas attraverso l'attività disseminatrice della nocciolaia (*Nucifraga caryocactes*) che può rendere difficile interpretare la distribuzione dei popolamenti (MATTES, 1984). A Sant'Anna, in Val di Gressoney all'altitudine di 2304 m, potrebbe essere stata presente una vegetazione arborea a dominanza di *Larix*, con delle vallette, a maggiore ristagno idrico, in cui vegetavano *Selaginella* tp. *selaginoides* e *Salix*, di cui sono stati determinati i resti legnosi. Le percentuali elevate di *Selaginella* tp. *selaginoides* (15%) non sono state osservate in nessuno dei diagrammi analizzati; ciò potrebbe essere legato alla maggiore umidità della valle che ancora oggi è considerata una delle più piovose dalla Valle d'Aosta (MERCALLI *et al.*, 2003). Inoltre, la mancanza totale di *Juniperus*, che è invece presente, anche se con basse percentuali, nei settori valdostani particolarmente aridi, potrebbe essere indicatrice di elevata umidità.

8000 - 5000 BP (P8, CHT6, CHT7, A2, A3): si realizza la diffusione dell'abete bianco (*Abies alba*) e l'aumento di *Alnus glutinosa/incana*. *Abies* era sicuramente presente a Pilaz, in cui sono stati osservati i resti legnosi, mentre nei siti ad altitudine più elevata, non è stato possibile stabilirne la reale presenza per la loro mancanza. A Pilaz la sua diffusione è preceduta da una fase a *Betula*, la quale si osserva sempre sia nelle fasi evolu-

tive che degradative della vegetazione forestale. Sia a Pilaz che a Champlong è da rilevare la riduzione delle percentuali di *Larix* ed a Pilaz compaiono i resti di *Pinus cembra*. E' da osservare inoltre l'aumento delle percentuali di *Alnus glutinosa/incana* indicatore dell'aumento dell'umidità (DAVID, 1993b). A Champlong si possono distinguere due fasi: la CHT6 più umida che avrebbe favorito l'espansione di *Pinus cembra* ed una più arida (CHT7) che avrebbe invece avvantaggiato *Larix*. Questa ipotesi è anche suffragata dal sedimento che passa da gyttja a torba e dall'aumento delle Cyperaceae, testimoniando quindi un interrimento del lago. Successivamente a 8100 BP, a Champlong erano presenti *Betula* e *Pinus cembra*, mentre in CHT7, si osservano *Betula* e *Larix*. La fase umida e fredda, caratterizzata dalla diffusione di *Abies*, può essere correlata con la fase 12 di alto livello lacustre in MAGNY (2004) nonché con la fase umida e fresca a 8200 BP ai laghi di Monticchio (ALLEN *et al.*, 2002). Una fase più fresca e umida è evidente in diversi siti delle Alpi e della regione mediterranea come evidente in SCHMIDT *et al.* (2006). In questo periodo la vegetazione arborea subisce una riduzione, in particolare *Pinus* di cui si riducono le concentrazioni e come conseguenza si verifica la diffusione della vegetazione arbustiva a Ericaceae e *Juniperus*. La biozona A2 può essere correlata con il periodo più umido e freddo per la presenza delle spore di *Selaginella* tp. *selaginoides* senza tuttavia rilevare un aumento di *Alnus glutinosa*, mentre A3, che vede la riduzione fino alla scomparsa delle spore di *Selaginella* tp. *selaginoides* ed percentuali elevate di *Larix* (15%) potrebbe corrispondere ad una fase di aridità benchè sia presente *Alnus glutinosa/incana* con percentuali dell'8% aumentando rispetto alla biozona precedente. Questa biozona potrebbe essere correlata con la fase lacustre 11 in MAGNY (2004). Alla torbiera di Champlong e di Sant'Anna è stata registrata solo la pioggia pollinica di *Abies* (<10%) e l'assenza di macroresti ci induce a credere che *Abies* non raggiunse l'altitudine di 2300 m benchè Sant'Anna si trovi in un settore piovoso della Valle d'Aosta, ma l'altitudine (durata della copertura nevosa, insolazione) può aver rappresentato un fattore limitante non compensato dall'umidità elevata.

5000 - 2500 BP (P9, CHT8, CHL1, CHL2, A4, A5, A6): questo periodo è di difficile delimitazione ed identificazione attraverso la composizione vegetale e le datazioni assolute. Inoltre diventa estremamente complesso discernere tra fattori naturali ed impatto antropico, fattore quest'ultimo che comincia ad essere importante. L'aumento progressivo delle specie legate al pascolo tra cui le Poaceae e le Cichorioideae in CHT8, nonché in P9, in A4 e A5 è ben evidente; la scomparsa delle Cyperaceae (A4 e A5) o la loro riduzione (P9, CHT8) dimostrano un'intensa attività pascoliva ed infatti è evidente il corrispondente aumento delle Cichorioideae, *Artemisia*, Campanulaceae ed Apiaceae. L'apparente contraddizione della diffusione di *Alnus glutinosa/incana* in A5 è strettamente legata al clima che è più umido e ben si correla con l'alto livello dei laghi osservato nella fase 9 in MAGNY (2004). Il periodo in questione è caratterizzato da numerose fluttuazioni del livello lacustre (MAGNY, 2004) nonché dei ghiacciai (JOERIN *et al.*, 2006) ed alcune si correlano con la biozona A4 (NICOLUSSI & PATZEL, 2000; JOERIN *et al.*, 2006). Per i taxa

arborei, dopo la massima presenza di *Abies*, comincia la definitiva riduzione come dimostra anche l'assenza totale dei macroresti a partire da 90 cm alla torbiera di Pilaz in cui la vegetazione arborea delle aree limitrofe doveva essere costituita solo da qualche raro *Larix*. L'utilizzo intensivo del territorio anche a bassa altitudine è evidente dalla comparsa, per la prima volta, a Pilaz dei pollini di *Juglans* e *Castanea*. Sono da inquadrare in questo periodo di completo disboscio i resti vegetali (*Larix* e *Pinus cembra*) portati alla luce dagli scavi per la costruzione della nuova funivia nei pressi della torbiera di Sant'Anna.

Al lago di Champlong in questa fase il polline di *Abies* raggiunge percentuali molto basse (2%) ed invece si espandono le specie erbacee di prateria (Cichorioideae, *Artemisia*, Apiaceae, Ranunculaceae, Campanulaceae, Rumex). Si può quindi ipotizzare la presenza di un ambiente aperto con alcuni pini, di cui sono stati osservati aghi e legno, che colonizzavano le ripide pareti circostanti il versante Sud-Est del lago oppure vegetavano sui pendii sottostanti l'altipiano. CHL1 corrisponde ad un periodo di forte utilizzazione dell'altipiano nei cui pressi è stato rinvenuto un villaggio risalente all'età del Bronzo. Non è da escludere tuttavia anche la possibilità di un periodo particolarmente arido che potrebbe corrispondere alla fase 7 (MAGNY, 2004) con un basso livello dei laghi. Proprio questo periodo di miglioramento climatico avrebbe favorito l'occupazione umana nei siti di altitudine almeno durante la stagione favorevole.

< di 2500 BP (P10, P11, CHT9, CHL3, CHL4, CHL5, A7, A8, A9): questo è il periodo più recente ed il confronto tra le varie biozone risulta alquanto complesso per evidenti interventi antropici sul territorio. A S. Anna ed a Pilaz sembra evidente la presenza di *hiatus*; in particolare nella sedimentazione di S. Anna, nella biozona A7 la presenza di argilla siltosa potrebbe indicare una fase umida con notevole apporto di materiale colluviale, nonché il brusco picco di *Selaginella* tp. *selaginoides* indicherebbe sia uno *hiatus* (asporto di sedimento) che una fase di umidità elevata. L'andamento delle curve di *Pinus* e Poaceae in CHL3, CHL4, A7 e P10, è analogo, ossia la riduzione del primo e l'aumento delle seconde. Questa fase umida si correla con la fase 5 (MAGNY, 2004) di innalzamento del livello lacustre e con le oscillazioni climatiche umide dell'Europa centrale (HAAS *et al.*, 1998). A questa fase umida però non è correlata una diminuzione delle temperature: infatti non sono evidenti avanzate dei ghiacciai (JOERIN *et al.*, 2006) e non ci sono indici da abbandono dei siti di altitudine, ma al contrario dai diagrammi è evidente una forte pressione antropica attraverso la pastorizia. La datazione di 255±55 BP della biozona P10 alla torbiera di Pilaz sembra essere troppo recente in quanto si colloca dopo la comparsa del polline di *Juglans* e *Castanea* che nelle aree alpine compare intorno a 2000 BP. Probabilmente in questa parte della sequenza è presente uno *hiatus* nella sedimentazione, benchè sembri omogenea, tuttavia un inaridimento della vegetazione è evidente dall'aumento delle Rosaceae, di *Plantago* tp. *alpina*, delle Campanulaceae, di *Viola* e *Larix* e dalla sostituzione di *Abies* con *Picea*.

In tutti i diagrammi, ma in misura inferiore a S. Anna, è evidente l'inizio della coltivazione dei cereali, la

segale, in particolare, che tutt'oggi viene coltivata fino a 1800 m (GATTO CHANO & CERUTTI, 2003). Tra le specie arboree che si diffondono durante questo periodo, ma che non raggiungono i siti studiati, troviamo *Picea* e *Fagus*. In particolare, alla torbiera di Pilaz dove sono presenti dei larici, di cui sono stati determinati gli ultimi macroresti a 55 cm, viene registrata anche la presenza di *Picea*, ma il sito era principalmente caratterizzato da praterie arbustate a Ericaceae e *Calluna* con Cichorioideae, Apiaceae, *Plantago* tp. *alpina*, Rosaceae, Campanulaceae, Rumex. Le zone più umide nei pressi della torbiera erano probabilmente dominate da Cyperaceae e *Selaginella* tp. *selaginoides*. Anche al lago di Champlong è evidente esclusivamente vegetazione erbacea ed arbustiva ad Ericaceae e *Juniperus*: infatti gli ultimi resti arborei di *Pinus cembra* sono alla profondità di 295 cm (CHL2). Il paesaggio vegetale si presentava quindi simile a quello attuale con lande a *Juniperus* e *Rhododendron*. Un elevato impatto antropico a Champlong è testimoniato dalla presenza di un villaggio che è stato attribuito all'età del bronzo (I sec. a.C.): si dovrebbe trattare di un villaggio stagionale a 2437 m sotto il Monte Tantanè in cui sono ancora in corso gli scavi e di cui è sconosciuta l'utilizzazione (MEZZENA, 1981; MEZZENA, 1997).

A Sant'Anna (A7, A8, A9) non sono stati osservati macroresti di taxa arborei, quindi il sito era probabilmente occupato da un mosaico di ambienti erbacei in particolare da praterie umide e pascoli xerici. Le popolazioni di *Picea* dovevano trovarsi poco al disotto dell'altipiano e dovevano avere l'aspetto e l'estensione dei popolamenti attuali. Le percentuali di *Larix*, sempre inferiori a 1%, indicano la presenza di qualche esemplare isolato sull'altipiano (MALAUSSENA, 1984; BRUGIAPAGLIA, 1997).

6. CONCLUSIONI

I diagrammi pollinici della torbiera e del lago di Champlong, della torbiera di Pilaz e di S. Anna, rappresentano l'andamento del clima e della vegetazione per il periodo successivo a 12000 anni. Il glaciale e l'ultimo interstadio glaciale sono registrati nei diagrammi pollinici della torbiera di Champlong e di Pilaz, mentre l'Olocene è presente in maniera abbastanza completa in tutti i diagrammi. Sono stati evidenziati problemi di datazione soprattutto per la torbiera di Champlong in cui l'assenza di macroresti nelle argille ha impedito di definire una precisa cronologia tardoglaciale.

La figura 6 e la tabella 4 sintetizzano l'evoluzione e le variazioni temporali del limite altitudinale degli alberi a partire dall'ultimo interglaciale a tutt'oggi.

L'evoluzione spaziale della treeline è di difficile quantificazione, ma si possono fare delle valutazioni qualitative sulla composizione forestale di siti. Durante il Tardoglaciale i due siti erano già liberi dai ghiacci, in particolare Pilaz si trovava poco al di sopra della treeline composta da *Larix* e *Betula*. La treeline si mantiene a circa 1900 m da 12000 a 10000 BP composta da *Betula*, *Juniperus* e *Larix*. A partire da 10000 BP la treeline si può localizzare oltre i 2300 m caratterizzata da *Larix*. Il periodo compreso tra 9000 e 5000 BP è stato il più favorevole per cui gli alberi si sono spinti ad altitudini elevate ed hanno dato luogo a formazioni arboree

Tab. 4 - Principali specie che hanno colonizzato la treeline e la timberline a partire da 12000 BP.

Main species which have colonized the treeline and timberline from 12000 BP.

< 2500 BP	treeline	2300 m <i>Pinus cembra</i>
	timmerline	1900 m <i>Larix</i> e <i>Picea</i>
5000-2500 BP	treeline	2300 m <i>Pinus</i> e <i>Larix</i>
	timmerline	1900 m <i>Abies</i> e <i>Larix</i>
8000-5000 BP	treeline	>2300 m
	timmerline	2300 m <i>Pinus cembra</i> , <i>Betula</i> e <i>Larix</i>
9000-8000 BP	treeline	>2300 m
	timmerline	2300 m <i>Pinus cembra</i> , <i>Pinus sylvestris</i> e <i>Larix</i>
10000-9000 BP	treeline	>2300 m <i>Larix</i>
	timmerline	? <i>Larix</i>
10700-10000 BP	treeline	1900 m <i>Betula</i>
	timmerline	?
12000-10700 BP	treeline	1900 m <i>Betula</i> , <i>Juniperus</i> e <i>Larix</i>
	timmerline	<1900 m
> 12000 BP	treeline	Al di sotto di 1900 m <i>Larix</i> e <i>Betula</i>
	timmerline	?

dense (timberline) almeno fino a 2300 m. Per questo periodo non si può valutare il limite della treeline in quanto non sono stati trovati, nel settore studiato, siti idonei all'analisi pollinica oltre i 2300 m d'altitudine. Tuttavia si può ritenere che il limite superiore degli alberi fosse a circa 2550 m, in accordo con quanto è conosciuto sulle Alpi svizzere (WICK & TINNER, 1997; TINNER & THEURILLAT, 2003). Questo intervallo temporale corrisponde all'optimum climatico favorevole allo sviluppo della vegetazione anche in altitudine visto l'importante ritiro dei ghiacciai. Secondo le ricostruzioni paleoclimatiche di DAVIS *et al.* (2003) per l'Europa centrale il periodo con le temperature più elevate è 6000 BP. Sempre in questo intervallo di tempo si sarebbe formata la torba sul fronte del ghiacciaio Rutor a 2510 m sl.d.m e BURGA (1995) considera che tra 8000 e 5000 BP ci sia stato l'optimum climatico per la vegetazione forestale che si sarebbe spinta tra 2100 e 2300 m d'altitudine così come era stato evidenziato anche da PORTER & OROMBELLI (1985) per il settore occidentale della Valle d'Aosta. ACETI (2006) rializzando la torba del Rutor conclude che la fase di recessione del ghiacciaio è tra 9000 e 6500 cal BP. WICK & TINNER (1997) stimano che la maggiore elevazione della timberline sia stata raggiunta tra 8700 e 5000 BP sia sulle Alpi italiane che su quelle svizzere.

Successivamente a questo periodo di massima elevazione della vegetazione forestale si sarebbe verificata una forte riduzione in corrispondenza dell'espansione delle popolazioni dell'età del Bronzo; risale a questo periodo il ritrovamento, sotto il Monte Tantanè che sovrasta i siti di Pilaz e Champlong, di un insediamento

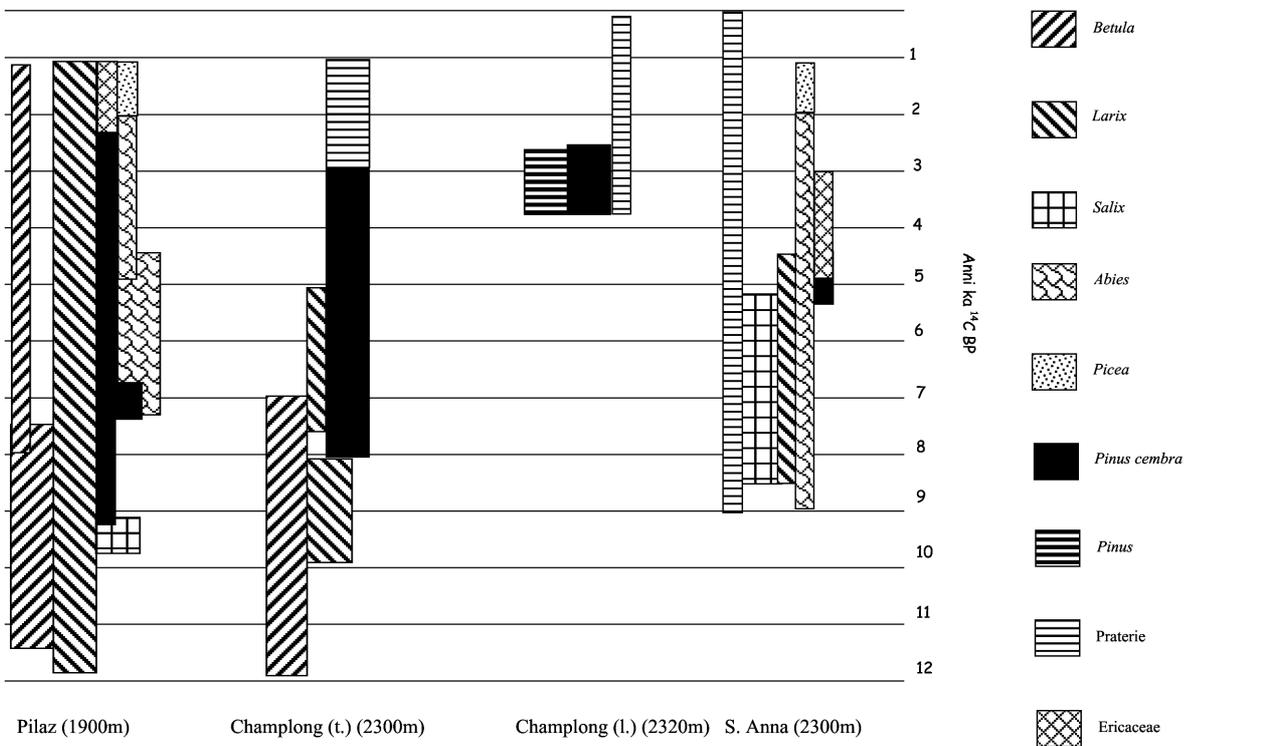


Fig. 6 - Evoluzione qualitativa e temporale della componente arborea e arbustiva nei siti analizzati
Temporal and qualitative evolution of the scrubb and tree in the study area

stagionale legato probabilmente allo sfruttamento minerario con tracce di attività agricola e tessile (MEZZENA, 1981; MEZZENA, 1997; GATTO CHANU & CERUTTI, 2003). Quindi tra 5000 e 2500 BP la treeline si abbassa definitivamente e, dai macroresti osservati, è composta essenzialmente da *Larix* e *Pinus*.

Successivamente a 2500 BP la treeline si attesta sui 2300 m e l'ultimo macroresto vegetale è legno di *Pinus* sp. *cembra*.

L'occupazione di essenze forestali in zone elevate, è testimoniata anche dai numerosi rinvenimenti noti per la Valle d'Aosta (MONTERIN, 1936 in CERUTTI, 1997): in particolare per la Valle di Gressoney di fronte al Ghiacciaio di Verra a 2250 m dove è stato rinvenuto un tronco di *Picea abies*, *Pinus cembra* all'Alpe Bett a 2200 m d'altitudine e all'Alpe Gabiet a 2350 m. Purtroppo per questi tronchi non è conosciuta l'età assoluta, ma secondo l'autore risalgono all'optimum climatico medioevale.

L'area indagata presenta ancora delle notevoli potenzialità per studiare le correlazioni tra le attività umane e l'evoluzione del paesaggio tentando quindi di valutare l'impatto del clima rispetto alle attività umane ed apportando nuove conoscenze che possono essere integrate con quelle già note per realizzare un modello climatico previsionale.

BIBLIOGRAFIA

- ACETI A. (2006) - *The early Holocene climate optimum: evidence from high-altitude peat deposits in the Italian Alps*. In : INQUA-SEQS "Quaternary stratigraphy and evolution of the alpine region in the european and global framework. 11-15 settembre 2006, pp. 48-49.
- ALLEN J.R.M., WATTS W.A., MCGEE E., HUNTLEY B. (2002) - *Holocene environmental variability – the record from Lago Grande di Monticchio, Italy*. Quat. Internat., **88**, pp. 69–80.
- AMMANN B. & WICK L. (1993) - *Analysis of fossil stomata of conifers as indicators of the alpine tree line fluctuations during the Holocene*. In : Oscillations of the Alpine and Polar Tree Limits in the Holocene. ESF Project European Palaeoclimate and Man, **9**, pp. 175-185.
- ANDERBERG A. -L. (1994) - *Atlas of seeds. Part 4*. Swedish Museum of Natural History.
- BEAULIEU DE J.-L., PONS A. & REILLE M. (1988) - *Histoire de la flore et de la végétation du Massif Central (France) depuis la fin de la dernière glaciation*. Cahiers de micropaléontologie, N.S., **3**(4), pp. 5-36.
- BENISTON M., DIAZ H.F. & BRADLEY R.S. (1997) - *Climatic change at high elevation sites: an overview*. Climatic change, **36**, pp. 233-251.
- BERGGREN G. (1969) - *Atlas of seeds. Part 2*. Swedish Museum of Natural History.
- BERGGREN G. (1981) - *Atlas of seeds. Part 3*. Swedish Museum of Natural History.
- BIRKS H.H. (2003) - *The importance of plant macrofossils in the reconstruction of Lateglacial vegetation and climate: examples from Scotland, western Norway, and Minnesota, USA*. Quaternary Science Reviews, **22**, pp. 453-473.
- BIRKS H.H. & BIRKS H.J.B. (2000) - *Future use of pollen analysis must include plant macrofossils*. Journal of Biogeography, **27**, pp. 31-35.
- BRUGIAPAGLIA E. & BARBERO M. (1994) - *Variation de la limite subalpin/alpin depuis la période Atlantique sur le plateau du Taillefer (Isère, France)*. Ecologie, **25**(3), pp. 157-172.
- BRUGIAPAGLIA E. (1997) - *Paleobiogeografia in Valle d'Aosta a partire dall'ultima glaciazione*. Biogeographia, **19**, pp. 85-104.
- BURGA C.A. (1995) - *Végétation et paléoclimatologie de l'Holocène moyen d'une ancienne tourbière située au front du Glacier du Rutor, 2510 m (Vallée d'Aoste, Italie)*. Revue de Géographie alpine, **1**, pp. 9-16.
- CARCAILLET C. (2001) - *Are Holocene wood-charcoal fragments stratified in alpine and subalpine soils? Evidence from the Alps based on AMS 14C dates*. The Holocene, **11**(2), pp. 231-242.
- CERUTTI A.V. (1997) - *Variazioni climatiche e oscillazione del limite altitudinale del bosco*. In "Uomini e boschi in Valle d'Aosta". Regione Autonoma Valle d'Aosta. Assessorato dell'Agricoltura, Forestazione e Risorse Naturali, pp. 25-35.
- DAVID F. (1993a) - *Altitudinal variation in the response of the vegetation to Lateglacial climatic events in the northern French Alps*. New Phytologist, **125**, pp. 203-220.
- DAVID F. (1993b) - *Développement des aulnes dans les Alpes françaises du Nord*. C.R.Acad.Sci., Paris, **316**, II, pp. 1815-1822.
- DAVID F., DAMBLON F., FARJANEL G., JUVIGNÉ E., STREEL M. & BERTHIER F. (2006) - *Variabilité des enregistrements polliniques en montagne et reconstructions paléocologiques*. Belgeo, **3**, pp. 265-278.
- DAVIS B.A.S., BREWER S., STEVENSON A.C., GUIOT J. & DATA CONTRIBUTORS (2003) - *The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data*. Quaternary Science Review, **22**, pp. 1701-1716.
- ERDTMAN G. (1936) - *New methods in pollenanalysis*. Svenk. Bot. Tidskr., **30**(2), pp. 154-164.
- GATTO CHANU T. & CERUTTI A. V. (2003) - *Guida insolita della Valle d'Aosta*. Newton & Compton Editori, 479 pp.
- GOEURY C. & DE BEAULIEU J.-L. (1979) - *A propos de la concentration du pollen à l'aide de la liqueur de Thoulet dans les sédiments minéraux*. Pollen et Spores, **21** (1), pp. 239-251.
- GOEURY C. (1997) - *Gestion, traitement et représentation des données de la paléocologie*. XV Symposium APLF, Lyon, pp. 31.
- HAAS J.N., RICHÖZ I., TINNER W., WICK L. (1998) - *Synchronous Holocene climatic oscillation recorded on the Swiss Plateau and at timberline in the Alps*. The Holocene, **8**(3), pp. 301-309.
- HEIRI C., BUGMANN W., TINNER W., HEIRI O. & LISCHKE H. (2006) - *A model-based reconstruction of Holocene treeline dynamics in the Central Swiss Alps*. Journal of Ecology, **94**, pp. 206-216.
- JACQUIOT C., (1955) - *Atlas d'anatomie de bois des conifères*. Centre technique du bois, Paris, 133 pp.
- JOERIN U.E., STOCKER T.F. & SCHLÜCHTER C. (2006) - *Multicentury glacier fluctuations in the Swiss Alps during the Holocene*. The Holocene, **16**(5),

- pp.679-704.
- LANG G. & TOBOLSKI K. (1985) - *Hobschensee-Late-glacial and Holocene environment of a lake near the timberline*. Diss. Bot., **87**, pp. 209-228.
- MAGNY M. (2004) - *Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements*. Quaternary International, **113**, pp. 65-79.
- MALAUSSENA B. (1984) - *Contribution à la connaissance de la production et de la dispersion pollinique de mélèze (Larix decidua Mill.) dans les Alpes maritimes*. D.E.A. Université d'Aix-Marseille III, 40 pp.
- MATTES H. (1984) - *The role of animals in cembran pine forest regeneration*. Proc. 3 IUFRO Workshop. Eidg. Anst. Forstl. Versuchswes, Ber, **270**, pp. 197-205.
- MERCALLI L., CAT BERRO D., MONTUSCHI S., CASTELLANO C., RATTI M., DI NAPOLI G., MORTARA G. & GUINDANI N. (2003) - *Atlante climatico della Valle d'Aosta. Regione Autonoma Valle d'Aosta*, 405 pp.
- MEZZENA F. (1981) - *La Valle d'Aosta nella preistoria e nella protostoria*. In "Archeologia in Valle d'Aosta. Dal neolitico alla caduta dell'impero romano 3500 a. C. - V sec. d. C.", Quart - Aosta.
- MEZZENA F. (1997) - *La Valle d'Aosta nel neolitico e nell'eneolitico*, in "Atti della XXXI Riunione Scientifica: La Valle d'Aosta nel quadro della preistoria e protostoria dell'arco alpino centro-occidentale", Courmayeur, 2-5 giugno 1994, Firenze 1997.
- NICOLUSSI K. & PATZELT G. (2000) - *Discovery of early Holocene wood and peat on the forefield of the Pasterze Glacier, Eastern Alps, Austria*. The Holocene, **10**(2), pp.191-199.
- PORTER S. & OROMBELLI G. (1985) - *Glacier contraction during the middle Holocene in the western Italian Alps: evidence and implications*. Geology, **13**, pp. 296-298.
- RAMEAU J.C., MANSION D. & DUMÉ G. (1993) - *Flore forestière française. 2 montagnes*. Ministère de l'agriculture et de la pêche, 2421 pp.
- REILLE M. (1990) - *Recherches pollenanalytiques dans l'extrémité orientale des Pyrénées: données nouvelles, de la fin du Glaciaire à l'Actuel*. Ecologia Mediterranea, **16**, pp. 317-357.
- REILLE M. (1992) - *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie. Université d'Aix-Marseille III, 520 pp.
- REILLE M. (1995) - *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Supplement 1*. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie. Université d'Aix-Marseille III, 327 pp.
- SCHMIDT R., KAMENIK C., TESSADRI R., KOINIG K.A. (2006) - *Climatic changes from 12,000 to 4,000 years ago in the Austrian Central Alps tracked by sedimentological and biological proxies of a lake sediment core*. Journal of Paleolimnology, **35**, pp. 491-505.
- SCHNEIDER R. (1978) - *Pollenanalytische Untersuchungen zur Kenntnis der spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte am Südrand der Alpen zwischen Turin und Varese (Italien)*. Bot. Jb.Syst., **100**, pp. 26-109.
- SCHWEINGRUBER F.H. (1990a) - *Mikroskopische Holzanatomie*. 3.Aufl. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 226 pp.
- SCHWEINGRUBER F.H. (1990b) - *Anatomie europäischer Hölzer.-Anatomy of European woods*. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf (Hrsg.). Haupt, Bern und Stuttgart, 800 pp.
- STUIVER M. & REIMER P. J. (1993) - *Calibration program Rev.3.0.2*. Radiocarbon, **35**, pp. 215-230.
- TINNER W., AMMANN B. & GERMANN P. (1996) - *Treeline fluctuations recorded for 12500 years by soil profiles, pollen, and plant macrofossils in the central Swiss Alps*. Arctic and Alpine Research, **28**, pp. 131-147.
- TINNER W. & THEURILLAT J.P. (2003) - *Uppermost limit, extent, and fluctuations of the timberline and tree-line ecocline in the Swiss Central Alps during the past 11.500 years*. Arctic and Alpine Research, **35**(2), pp. 158-169.
- WICK L. & TINNER W. (1997) - *Vegetation changes and timberline fluctuations in the Central Alps as indicators of Holocene climatic oscillations*. Arctic and Alpine Research, **29**, pp. 445-458.
- WICK L. (2000) - *Vegetational response to climatic changes recorded in Swiss Late Glacial lake sediments*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **159**, pp. 231-250.

Ms. ricevuto il 30 maggio 2007

Testo definitivo ricevuto il 6 novembre 2007

Ms. received: May 30, 2007

Final text received: November 6, 2007

