

Suoli e ambienti del Parco Naturale del Mont Avic (AO) - 1: piani subalpino superiore e alpino

MICHELE E. D'AMICO
coop rea srl
Via Raiberti, 9
I - 20052 Monza (MI)

M. E. D'Amico. Soils and environments in Mont Avic Natural Park (Aosta, Italy): higher subalpine and alpine levels. *Rev. Valdôtaine Hist. Nat.*, 60: 5-27, 2006.

Mont Avic Natural Park (AO, Italy) shows interesting and diverse alpine ecosystems, located over the Mont Avic ophiolitic complex (serpentinite with associated mafic rocks and calcschists). The soils show peculiar chemical and physical properties, statistically related with vegetation communities.

At the alpine level, soils and vegetation diverge in relation to substrate and slope processes. On serpentinite, in well drained conditions, the typical association is *Caricetum fimbriatae*, enriched with high metal adapted Brassicaceae. Some soil properties are: pH between 4 and 6, changeable Ca/Mg, high Ni and Cr content (up to 1300 ppm).

On stable slopes over mafic rocks and calcschist the main association is *Caricetum curvulae*, soils are acidified, rich in organic matter, Ni and Cr content is around 200 ppm. On calcschist, pH increases with depth up to 6.5, and the flora is enriched with basifilous species. The Podzol-like morphology disagrees with the analytical results.

Key words: serpentinite soils, gabbro and calcschist soils, soil-vegetation relationships.

PREMESSA

Il Parco del Mont Avic rappresenta un interessante insieme di diversi ambienti alpini, alcuni dei quali poco diffusi, quali le aree ofiolitiche di alta quota ed un gran numero di torbiere. La flora, soprattutto quella alpina, racchiude le specie endemiche delle serpentinite delle Alpi occidentali (ad esempio, *Carex fimbriata* e *Cardamine plumieri*), e le comunità vegetali di alta quota rappresentano un grande interesse grazie alla presenza di specie basifile ed acidofile, tipiche dei substrati ofiolitici e dei calcescisti. La scarsa presenza dell'uomo ed il basso numero di animali al pascolo fornisce un ulteriore punto di interesse naturalistico del Parco.

Dal punto di vista pedologico, il particolare substrato formato dalle diverse litologie delle successioni ofiolitiche dovrebbe favorire la formazione di suoli diversificati, da quelli particolarmente ricchi in sostanze fitotossiche, con elevate concentrazioni di magnesio e di metalli pesanti (come nichel e cromo), tipici delle serpentinite, a quelli ricchi in Ca e poveri in metalli, tipici dei calcescisti. Esistono pochi studi sulla pedogenesi a carico di questi materiali in ambiente alpino e mancano studi pedologici nell'area del Parco.

I suoli sono di primaria importanza nella comprensione del funzionamento degli ecosistemi, in quanto dalle loro caratteristiche chimico-fisiche dipendono la mobilità e la biodisponibilità dei nutrienti e delle sostanze fitotossiche; i suoli sono strettamente legati alle comunità vegetali presenti, con le quali vi è un rapporto di interdipendenza reciproca.

Questo articolo tratta dei poco studiati rapporti intercorrenti tra i caratteri chimici e fisici dei suoli alpini, le comunità vegetali a cui danno supporto, le litologie del substrato ed i processi geomorfologici attivi o relitti, al di sopra del limite attuale della vegetazione forestale.

MATERIALI E METODI

Fase di campagna. 51 profili pedologici (associati a rilievi floristici) sono stati osservati nel Parco al di sopra del limite della vegetazione forestale, tra il 2002 ed il 2005. I punti di campionamento sono stati scelti seguendo un metodo ragionato, cercando di coprire le diverse litologie del substrato, i vari processi morfologici attivi o relitti, le diverse esposizioni e pendenze e le varie coperture vegetali.

I profili sono stati aperti manualmente, fino ad una profondità variabile tra i 20 e gli 80 cm e per una larghezza generalmente pari a 30-60 cm (normale metodica per l'osservazione ed il campionamento dei suoli di montagna). Tali dimensioni sono generalmente sufficienti per l'osservazione del suolo fino ad un contatto litico (orizzonte R, roccia inalterata) o fino alla scomparsa dei segni della pedogenesi (orizzonte C, materiale poco alterato). In alcuni casi non si è potuto arrivare a tale limite a causa di massi sepolti, o per la eccessiva quantità di scheletro e radici. I parametri pedologici rilevati sono stati il colore allo stato umido, la struttura, la quantità, dimensione, alterazione, arrotondamento e composizione litologica dello scheletro, il numero e la dimensioni delle radici, eventuali screziature, con rispettivi colori e dimensione, la presenza di coproliti od altre tracce lasciate dalla pedofauna. Su substrati ricchi in carbonati (calcescisti), è stata verificata la possibile effervescenza a contatto con HCl 10%, in grado di evidenziare una presenza di carbonati superiore allo 0,5%. È stato determinato il pH, mediante indicatore colorimetrico AcquaKit. Sono stati prelevati 300-500g di terreno per gli orizzonti principali (ad esclusione degli orizzonti troppo scheletrici o sottili) per le analisi di laboratorio.

Contemporaneamente sono state descritte le caratteristiche geomorfologiche e litologiche, l'uso del suolo, l'esposizione, la quota, la pendenza, la pietrosità superficiale, la rociosità, ed il drenaggio.

Le forme di Humus sono state determinate sotto vegetazione arbustiva, in base alla morfologia e alla struttura degli orizzonti organici ed organominerali (Référentiel Pedologique, AFES, 1995). Non è ad oggi possibile caratterizzare l'ecologia e la tassonomia degli humus sotto prateria alpina (AFES, 1995).

Fase di laboratorio. Con lo scopo di riconoscere i principali caratteri ecologici, pedogenetici e tassonomici dei suoli, sono state effettuate le analisi routinarie, eseguite seguendo le metodologie proposte dal Ministero delle Risorse Agricole, Agrarie e Forestali (1994). Sono stati determinati: pH in H₂O e KCl, tessitura (3 frazioni, sabbia, limo, argilla), carbonio organico e sostanza organica (metodo Walkley & Black), capacità di scambio cationico (estrazione in BaCl₂ e titolazione con EDTA), basi di scambio (mediante spettrofotometria FAAS), tasso di saturazione in basi, Fe e Al in ossalato acido di ammonio. Per i suoli organici di torbiera: pH in H₂O e CaCl₂ e fibre al setaccio. È stata effettuata l'analisi dei metalli in traccia pseudototali (Ni, Cr e Cu, estratti in acqua regia).

Rilievi floristici. Le comunità floristiche intorno ai profili pedologici sono state rilevate secondo il metodo fitosociologico di Braun Blanquet (1929). L'area rilevata è compresa tra i 50 ed i 500 m², in funzione della variabilità a piccola scala del sito. Il riconoscimento delle specie è stato effettuato utilizzando i testi "Flora Helvetica" (Lauber e Wagner, 1998) e "Flora d'Italia" (Pignatti, 1982).

Elaborazioni statistiche. Per spiegare le mutue correlazioni, i dati pedologici ed ambientali sono stati trattati con analisi multivariata (PCA, software statistica 6.0). Tale procedura consiste nel trovare delle nuove variabili (componenti principali della variabi-

lità tra i dati, evidenziate come assi cartesiani) che condensano il più alto numero possibile di dati di partenza in un numero limitato di variabili non correlate. La variabilità spiegata dalla prima componente spiega la maggiore variabilità possibile, seguita dalla seconda (perpendicolare alla prima), dalla terza e così via.

Ogni variabile originaria spiega diverse percentuali di varianza, evidenziate dai rispettivi "eigenvalues" (autovalori); più tali valori si avvicinano all'unità, maggiore è il contributo alla spiegazione della variabilità spiegata dalla nuova componente.

I dati di presenza e frequenza delle specie vegetali sono stati riuniti in diverse matrici, in base alla macrotipologia ecologica: torbiere, ambienti forestali montani e subalpini, praterie e detriti del piano alpino. I dati contenuti in queste matrici sono stati suddivisi in clusters (Cluster analysis, CA, software STATISTICA 6.0). La differenza tra i clusters è stata massimizzata mediante il metodo del "complete linkage". Per ridurre l'effetto "doppio 0" (Legendre e Legendre, 1998), che affligge le analisi statistiche di dati di presenza-assenza di specie, si è utilizzata la correlazione "r di Pearson".

Per determinare le relazioni tra le comunità vegetali riconosciute ed i dati chimici dei suoli ed altri parametri ambientali, è stata effettuata un'analisi di correlazione "costretta" (Canonical Correspondance Analysis, CCA), in cui le matrici contenenti i dati pedoambientali (variabili causali) ed i rilievi vegetazionali (variabili effetto) vengono correlate tra loro (software CANOCO 4.5). Si è focalizzata l'attenzione sulla distanza interspecifica, analizzando i dati di copertura trasformati in percentuale e dando un peso inferiore alle specie rare (downweighting).

AREA DI STUDIO

Materiale parentale

Nel Parco Naturale del Mont Avic affiorano litotipi appartenenti a due distinte unità tettoniche, il Complesso Piemontese dei Calcescisti con Pietre Verdi ed il lembo di ricoprimento del Glacier Rafray, appartenente alla Falda della Dent Blanche (Occhipinti, 1997). Quest'ultimo, che affiora nelle aree sommitali dei monti Glacier, Tour Ponton e poco sopra al Col Moutsaillon, è composto prevalentemente da gneiss albitici, micascisti e scisti anfibolici e granatiferi, con presenza di rocce basiche quali metagabbri, prasiniti ed anfiboliti. Il Complesso Piemontese dei Calcescisti con Pietre Verdi affiora estesamente in tutto il territorio del Parco: nel bacino del Chalamy le serpentiniti sono dominanti, accompagnate da metagabbri, anfiboliti, anfiboliti a granato. Nella Valle di Champorcher ad est del Mont Glacier, a quote superiori ai 1800-2000 metri circa, affiorano prevalentemente serpentiniti e metagabbri, mentre alle quote inferiori affiorano calcescisti; ad ovest, questi ultimi divengono la roccia dominante (ad eccezione delle aree sommitali sopra citate), con limitati affioramenti di serpentiniti talvolta ricche in crisotilo, metagabbri e prasiniti.

Il materiale parentale dei suoli è normalmente costituito da materiale sciolto originato dai processi erosivo-deposizionali dei versanti e dei ghiacciai pleistocenici che ricoprivano gran parte dell'area di studio, che hanno lasciato depositi morenici dallo spessore variabile tra le centinaia di metri della bassa valle del Chalamy, e i pochi decimetri di alcune aree a quota più elevata. La composizione litologica di tale materiale è variabile in relazione a quella del bacino di alimentazione dei diversi settori del ghiacciaio.

Il clima.

L'area di studio è situata al confine tra la regione climatica continentale endoalpina, arida, che caratterizza la Val d'Aosta a monte della strettoia di Montjovet, e la parte più umida, ad influenza prealpina, soggetta all'influenza delle correnti umide di provenienza padana, presente nella parte più meridionale della regione. La valle di Champorcher presenta la piovosità media annua massima della Regione Val d'Aosta (1180 mm annui rilevati a Pont Boset, Mercalli, 2003), le precipitazioni decrescono verso nord e verso ovest: ad esempio, la stazione di Praz Oursie, sul versante sinistro della Val Chalamy a 1800 m circa di quota, rileva una piovosità media inferiore agli 800 mm annui. Le precipitazioni sono concentrate in autunno e primavera, con un minimo assoluto invernale ed uno relativo estivo. Anche i settori più asciutti della Val Chalamy, però, non sono normalmente soggetti a periodi di carenza idrica estiva (regime pedoclimatico udico, Soil Survey Staff, 2003; D'Amico, 2003). Dal momento che l'evapotraspirazione diminuisce con la quota insieme alle temperature, mentre le precipitazioni aumentano, ci si può ragionevolmente aspettare che anche i suoli delle quote più alte non abbiano deficit idrico in anni normali.

RISULTATI

I suoli: caratteri generali e fattori della pedogenesi

I suoli situati sotto prateria alpina o arbusteto subalpino superiore (sopra ai 2200-2300 m circa) sono quanto mai eterogenei e, generalmente, poco o mediamente evoluti (Regosols e Cambisols, secondo il sistema di classificazione WRB, FAO 1998). Altri Grandi Gruppi, quali Gelisols, Podzols, Gleysols, Phaeozems, sono stati osservati in casi singoli. Le loro caratteristiche generali sono riassunte in Tab. 1.

Insieme all'erosione, il principale processo pedogenetico attivo sopra il limite della vegetazione forestale è l'azione del gelo (crioturbazione), che causa la formazione di evidenti forme, quali lobi di soliflusso, terrazzette crionivali, hummocks (dossetti crionivali) e patterned ground (suoli poligonali o striati) e, alle quote più elevate, rock glaciers rock streams (Guglielmin, 1997). I movimenti interni al suolo che ne derivano provocano l'apporto di materiale poco alterato negli orizzonti superficiali, che vengono "ricaricati" delle basi perse per lisciviazione, risultando meno acidi. L'apporto di materiale fresco sulla superficie rende i caratteri chimici del suolo più simili a quelli del materiale parentale.

Ad evidenziare morfologicamente tali fenomeni vi è, ad esempio, la frequente ripetizione di orizzonti A e C nei suoli di versante, derivante dal soliflusso (Fig. 1). Un altro carattere comune ai suoli crioturbati è la struttura laminare, formatasi a causa delle pressioni a cui è sottoposto il terreno quando si gela, e grazie ai movimenti differenziali degli strati in funzione del diverso tenore in umidità.

Gli "earth hummocks", diffusi in aree pianeggianti, sono tipicamente alti tra 10 e 30-40 cm, larghi tra 30 e 100 cm; la sommità è la parte più attiva, maggiormente esposta al gelo invernale ed interessata da moti convettivi. Generalmente la vegetazione vascolare è scarsa (talvolta è presente *Salix herbacea*), mentre abbondano le epatiche ed i muschi. Anche in questo caso, l'intensa attività impedisce l'evoluzione del suolo, che rimane alla sequenza di orizzonti A-C. L'orizzonte A presenta spessori minimi al centro della struttura, a causa dei movimenti convettivi che interessano il suolo (Fig. 2).

Grande Gruppo WRB (1998)	pH, TSB	Spessore	Sequenza di orizzonti	Grado evolutivo	M. P., substrato	GIR (Référentiel Pédologique)
Regosols	Vario	Vario	A-C, C	Basso (caratteri chimici e morfologici simili al materiale parentale)	Sciolto	REGOSOLS (materiale poco evoluto oltre i primi 10 cm); RANGOSOLS (profilo A/R o A/C, molto scuro e non strutturato, suoli di alta montagna); COLLUVIOSOLS (suoli pietrosi colluviali).
Cambisols	Vario	Vario	A-Bw (orizzonte di alterazione bruno, con perdita di carbonati, strutturato, senza evidente illuviazione di sostanze)	Medio	Vario	BRUNISOLS (saturi, poco acidi, con un A biostrutturato); (*) ALOCRISOLS (acidi, fortemente desaturati, complesso di scambio dominato dall'Al, orizz. A non biostrutturato). (*)
Umbrisols	Acido	Vario	A, AB (scuro, >25 cm) Bw	Basso o medio	Vario	ALOCRISOLS; RANGOSOLS
Phaeozems	Da poco acido a neutro, TSB > 50%	Vario	A, AB (scuro, biostrutturato, biologicamente attivo, > 25 cm) Bw o A-R.	Basso o medio	Ricco in basi	
Gleysols	Vario	Vario	A-Bg/C-g (orizzonti idromorfi, secrezature redox rosse da ossidazione, bluastrre da riduzione)	Basso o medio	Vario (impermeabile o gelato)	REDOXISOLS: con idromorfia evidente; CRYOSOLS: con substrati impermeabili in quanto gelati per lunghi periodi ogni anno.
Fluvisols	Vario	Elevato	A-C-Ab-C1b, ripetizione dovuta al frequente accumulo di materiale alluvionale	Basso	Alluvionale	FLUVIOSOLS
Leptosols	Vario	< 25 cm	A-R o A-B-R	Basso	Litolide duro o detritico grossolano	RANGOSOLS; ORGANOSOLS (simili ai Rankosols, più ricchi in sostanza organica); LITHOSOLS (spessore inferiore a 10 cm, limitati da roccia dura)
Podzols, "Spodic Cambisols"	Basso	Vario	A-E-Bs, O-E-Bs, A-Bs	Alto	Vario	PODZOSOLS, PODZOSOLS ocrique

Tabella 1 – Caratteri generali dei tipi tassonomici dei suoli privati nel Parco del Mont Avic. M.P. = materiale parentale.

(*) I caratteri intermedi tra Brunisols o Alocrisols rendono impossibile l'attribuzione ad uno dei due GIR (integrati BRUNISOLS-ALOCRISOLS). Ad una diffusa ed elevata acidità (caratteristica degli ALOCRISOLS) si accompagna un basso contenuto in Al scambiabile (caratteristica dei BRUNISOLS), a causa del materiale parentale povero in tale elemento.



Fig. 1 e 2 – Suolo interessato da soliflusso e un hummock attivo, con moti convettivi criogenici.

I suoli striati sono diffusi su pendenze deboli, esposizioni settentrionali ed in conche soggette ad innevamento prolungato (vallette nivali). I profili osservati dimostrano che le strisce sono presenti solo in superficie; i limiti tra gli orizzonti sono paralleli al pendio.

I suoli poligonali sono poco frequenti, diffusi in conche nivali o sulle rive di laghi esposti a nord.

Un altro effetto della crioturbazione è il disturbo alla copertura vegetale, spesso discontinua: tale discontinuità ed il conseguente mancato accumulo di sostanza organica sulla superficie del suolo contribuiscono a limitarne l'acidificazione.

Le aree più intensamente crioturbate sono sopra i 2500 - 2700 metri, dove la vegetazione diventa molto discontinua e la superficie è ricoperta da pietre angolari rimaneggiate dall'attività periglaciale ("concentrazione di pietre in superficie"); la forma angolare deriva dalla criofratturazione del substrato litoide. Malgrado l'apparente assenza di pedogenesi, sotto allo strato di sassi superficiali vi sono suoli spessi fino a 20 cm, arricchiti in sostanza organica e con l'usuale struttura laminare.

Salendo ulteriormente, lo strato pedogenizzato si riduce, rimangono solamente pietre più o meno fratturate e poco materiale fine, che può dar sostegno a poche specie estremamente frugali, quali *Thlaspi rotundifolium* subsp. *corymbosum*.

Le zone ricoperte da una copertura vegetale continua e con scarsi segni di disturbo mostrano acidificazione e lisciviazione delle basi; spesso vi sono tracce di orizzonti eluviali EA leggermente sbiancati sotto orizzonti organominerali A, e al di sopra di orizzonti Bw leggermente arrossati, associati a valori di pH inferiori al 5, soprattutto in superficie. I dati analitici mostrano un arricchimento di Fe nell'orizzonte B, non sufficiente però per l'attribuzione al grande gruppo dei Podzols (WRB, 1998). Ciò dipende dall'abbondanza di acque di fusione delle nevi, e dall'accumulo della sostanza organica particolarmente acidificante prodotta soprattutto dalle ericacee, quali *Vaccinium uliginosum* s. l., e *Loiseleuria procumbens*. Anche specie erbacee quali *Poa alpina* (Pirola, 1959) sono in grado di ridurre il pH nei suoli, soprattutto durante la stagione vegetativa, quando le basi vengono assorbite dalla pianta per i propri bisogni metabolici.

Al limite inferiore del piano alpino è attivo pienamente il processo della podzolizzazione, che consiste nella migrazione di Fe, Al, ed altri metalli legati a molecole organiche solubili fortemente acide; queste sostanze acide, prodotte dalla vegetazione e mantenute in condizioni climatiche fredde ed umide, facilita anche l'alterazione del materiale parentale, accelerando la differenziazione dei diversi orizzonti del suolo.

Vegetazione alpina: caratteri generali

È importante notare la diversa diffusione degli ambienti di prateria alpina nelle diverse aree del parco: mentre l'Alta Valle di Champorcher, su substrati composti da calcescisti e rocce mafiche, è in gran parte ricoperta da prateria, le rimanenti aree su serpentiniti sono occupate da prevalenti rocce montonate o accumuli detritici grossolani e poco pedogenizzati. Nella Valle del Chalamy le aree ricoperte da vegetazione alpina ricoprono superfici particolarmente ridotte, grazie alla durezza del substrato e, probabilmente, alle sue caratteristiche chimiche ecologicamente difficili (Peretti *et al.*, 1999).

La complessità della vegetazione alpina è legata alle differenti caratteristiche di suoli, substrato, microclima e durata dell'innevamento.

La cluster analysis (Fig. 3) della matrice dei rilievi floristici ha evidenziato alcuni gruppi di rilievi ben caratterizzati dal punto di vista ecologico: il raggruppamento probabilmente

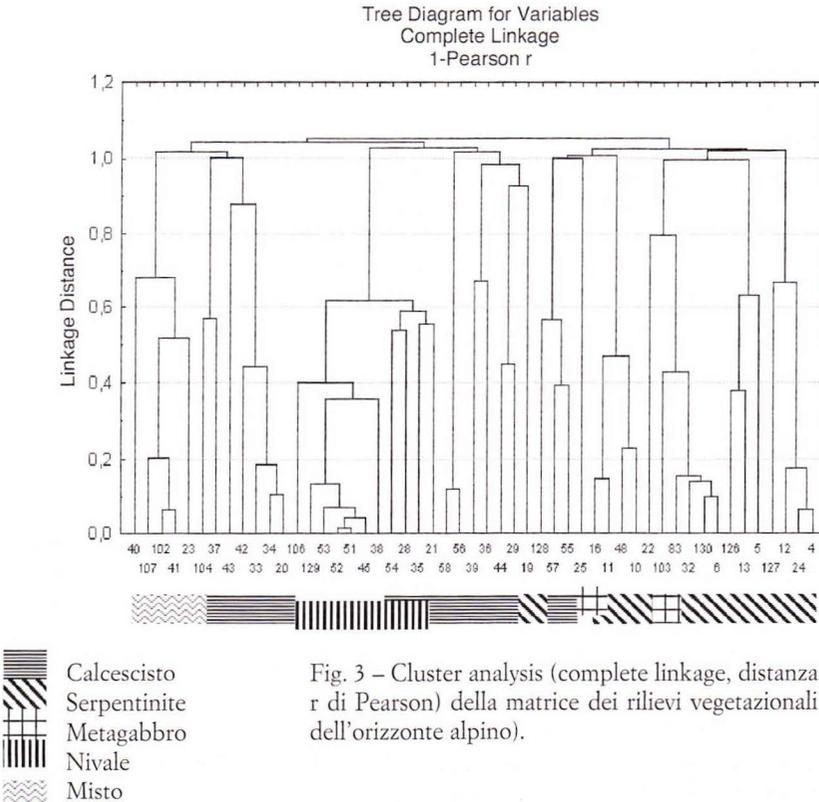


Fig. 3 – Cluster analysis (complete linkage, distanza r di Pearson) della matrice dei rilievi vegetazionali dell'orizzonte alpino).

meglio identificabile è quello nivale, parzialmente sovrapposto a quello del calcescisto, grazie alla quota elevata in cui questa litologia è particolarmente diffusa. Altri gruppi ben definiti sono quelli su serpentinite (quelli prettamente alpini sulla destra, quelli con presenza di ericacee del subalpino superiore a sinistra), su metagabbro e su calcescisto. Il cluster composto dai rilievi 6, 32, 83 e 130 rappresenta comunità su substrato variabile (prevalentemente mafico), su versanti detritici non stabilizzati e xerici, su esposizioni meridionali.

Anche la CCA (Fig. 4) è riuscita a separare le comunità cresciute sui diversi substrati. Si può notare come i rilievi floristici su serpentinite o materiale morenico dominato dalla serpentinite (ad eccezione del P40) siano localizzati soprattutto dove gli assi di substrato, rapporto Ca/Mg e pH sono negativi e dove è positivo l'asse del contenuto in Ni totale: è verificata la dipendenza di queste comunità dai substrati ultramafici.

I rilievi di ambienti su rocce mafiche sono distribuiti intorno all'area centrale: i fattori principali sembrano essere il drenaggio, la pendenza e l'esposizione.

I rilievi floristici su calcescisto sono diffusi ad alti valori di Ca/Mg e pH.

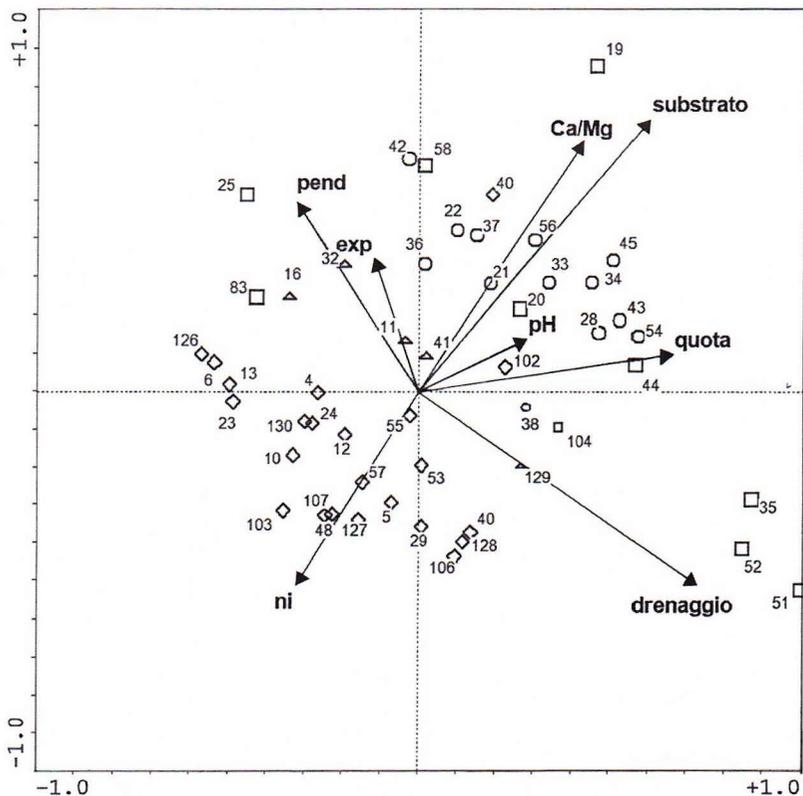


Fig. 4 – CCA ottenuta tra la matrice delle variabili causali (pedo-ecologiche) e dipendenti (elenchi specifici provenienti dai rilievi floristici). I rombi rappresentano i profili su serpentinite, i triangoli quelli su metagabbro e prasinite, i cerchi quelli su calcescisto, i rettangoli verticali su materiale morenico misto. Il vettore “substrato” rappresenta le diverse litologie, in ordine crescente in base al presunto rapporto Ca/Mg ed al presunto contenuto in silice, da serpentinite (valore 1,2), a metagabbro e prasinite, calcescisto (valore 13) a rocce acide (15).

Ad esempio, *Carex echinata*, *Eriophorum scheuchzeri*, *Ranunculus glacialis* e *Salix herbacea* sono tipiche di ambienti umidi, spesso associati a specie nivali quali *Luzula alpino-pilosa* (specie dell'associazione *Salicetea herbaceae*, in accordo con quanto mostrato in Buffa *et al.*, 1998).

Altre specie risultano diffuse prevalentemente su substrati ultramafici, nel Parco del Mont Avic, quali *Dryas octoptala*, *Carex fimbriata*, *Carex sempervirens*. Alcune specie, ritenute diffuse su serpentinite e su calcescisto, quali *Thlaspi rotundifolium*, non sembrano avere substrati preferenziali.

Altre sono caratteristiche degli ambienti poco acidi e ricchi in calcio dei calcescisti, quali *Draba hoppeana*, *Petrocallis pyrenaica*, *Androsace obtusifolia*, *Luzula spicata*.

Gli ambienti nivali: suoli e vegetazione

Dove l'innevamento perdura normalmente più di 9-10 mesi all'anno, nelle conche umide al di sopra dei 2500 metri, l'associazione vegetale dominante è il *Salicetum herbaceae*, su tutte le litologie; non sono state rilevate significative differenze dipendenti dal substrato. La copertura vegetale è discontinua, predominano le epatiche, mentre tra le specie vascolari è comune *Salix herbacea*, insieme a *Leucanthemopsis alpina*, *Sagina saginoides*, *Sedum alpestre*, *Pedicularis kernerii*, *Alchemilla pentaphyllea* (Fig. 6). Una descrizione dettagliata delle comunità vegetali di questi ambienti è data da Buffa *et al.* (1998). Le specie basifile, tra cui *Salix retusa*, trovate da Verger *et al.* (1993) non sono state rilevate.

I suoli sono spesso disturbati da intensi movimenti criogenici, evidenziati da "strie", "poligoni" e "cerchi di pietre", "hummocks"; questi movimenti contribuiscono a rompere la continuità della copertura vegetale e facilitano l'insediamento di epatiche e muschi (Buffa *et al.*, 1998).

La bassa temperatura e la lunga durata dell'innevamento inibiscono la produttività di questi ecosistemi, i suoli di conseguenza sono poveri in sostanza organica, scarsa già a pochi centimetri dalla superficie (CO inferiore all'1%). L'integrazione tra le particelle minerali ed organiche è impedita dall'attività biologica scarsa.

Un'altra caratteristica chimica è il pH variabile (tra 4,2 e 6,5), non facilmente spiegabile su base della differente litologia del materiale parentale, in quanto i suoli sulle rocce più ricche in basi (calcescisto) risultano spesso più intensamente acidificati rispetto agli altri.

Lo scarso legame tra substrato, caratteristiche pedologiche e vegetazionali negli ambienti nivali è noto (Verger *et al.*, 1993): gli ambienti xerici del piano alpino sono i meglio differenziati.

Il dato chimico più direttamente legato al substrato è il rapporto Ca/Mg, che varia tra 3, su metagabbro e serpentinite, e 15 su prasiniti e calcescisti.

Gli ambienti alpini della serpentinite: caratteri generali

Come si vede in Tab. 3, i suoli sono normalmente acidi, con un rapporto Ca/Mg basso ma fortemente variabile, un contenuto in Ni e Cr elevato.

Le principali proprietà ed i rapporti intercorrenti tra loro sono (le relazioni sono puramente indicative, essendo statisticamente poco significative, Tab. 3 e 4):

- pH acido, anche se i pH su serpentinite dovrebbero essere prossimi alla neutralità (Brooks, 1987; Proctor 1999); la variabilità del dato dipende da lisciviazione e disturbo, come è evidenziato dalla significativa correlazione positiva tra pH e quota;

Tipologia ambientale	Profili tipo	pH _{KCl}	TSB %	Ca/Mg	Humus	Ni, Cr, Cu	Txt	WRB (1998)
Ambiente stabile	10, 23, 24, 29, 55, 57, 127	A: 4,1 Bw: 4,4	A: 45 Bw: 25	A: 2,2 Bw: 2,4	Dysmoder	A: 250,429,20 Bw: 190,665,31	FS	Dystric Cambisol
Falda detritica	6, 12, 53, 126,	A/C: 5,2 C: 5,8	A/C: 65 C: 55	A: 1,2 V: 0,8		A: 900,1090,29 C: 1120,1010,31	FS	Eutric Regosol
Area sommitale	5, 132	AC: 5,3 BC: 5,8	AC: 55 BC: 35	AC: 2,3 BC: 3		AC: 510,671,39 BC: 520,688,42		Dystric Regosol
Limite inferiore	13, 48, 107, (90)	A: 4,6 E: 3,9 Bs: 4,3	A: 35 E: 45 Bs: 31	A: 1 E: 1 BS: 1,6	Dysmoder	A: 650,660,29 E: 460,474,19 Bs: 800,780,31	F	"Spodic Cambisol"

Tabella. 3 – Caratteri generali dei suoli alpini su serpentinite.

	pH	quota	Ca/Mg	Ni	substrato	drenaggio	CO	TSB
pH	1							
quota	0,51	1						
Ca/Mg	0,34	0,21	1					
Ni	0,15	0,21	- 0,36	1				
substrato	- 0,30	- 0,28	- 0,21	- 0,09	1			
drenaggio	0,01	0,16	0,15	- 0,36	0,11	1		
CO	0,47	- 0,06	0,72	- 0,11	- 0,14	0,04	1	
TSB	0,63	0,23	0,37	0,29	- 0,25	- 0,09	0,54	1

Tabella 4 – Relazione tra varie caratteristiche pedologiche ed ambientali dei suoli alpini su serpentinite.

- rapporto Ca/Mg variabile, in funzione della differente velocità di lisciviazione delle due basi. Il Ca è utilizzato dalle piante e concentrato negli orizzonti ricchi in sostanza organica, mentre il Mg viene facilmente lisciviato dagli orizzonti più superficiali (Lee *et al.*, 2001). I suoli più evoluti, in posizioni stabili e con elevato contenuto in sostanza organica, tendono ad avere alti rapporti Ca/Mg, talvolta addirittura vicini a 10, inusuale su ultramafiti;
- elevato ma variabile contenuto in metalli pesanti; i tenori in Ni variano tra meno di 100 ppm e 1100 ppm circa. Anche in questo caso il contenuto cambia in funzione del grado di sviluppo del suolo. I valori massimi sono osservati sui suoli poco evoluti delle falde detritiche attive ed interessate da intensa crioturbazione.

L'elevato contenuto in metalli pesanti è una tra le principali caratteristiche negative dei suoli su serpentinite; è noto come soprattutto Ni, Cr e Mn siano concentrati nelle rocce ultramafiche (elementi siderofili, prevalentemente associati al ferro), mentre il Cu sia prevalentemente calcofilo, associato al Ca e concentrato soprattutto nelle rocce mafiche quali il gabbro e le prasiniti.

Un esempio in grado di evidenziare le differenti caratteristiche tra i suoli sviluppati su serpentinite e su litologie mafiche è fornito dai profili P11 e P12. Sono localizzati sopra l'alpeggio Raty Damon: il P12 è su un pendio ripido ed instabile su serpentinite criofratturata, a 2625 metri di quota; a pochi metri di distanza, si trova il P11, su metagabbro, su simili pendenze ed alla stessa quota (Tab. 5):

	P11 (metagabbro)	P12 (serpentinite)
TXT	Sabbioso-franca	Franco-sabbiosa: è presente una maggior percentuale di limi ed argille.
pH	Circa 4,5 in tutti gli orizzonti.	Tra 5 in superficie e 6 in profondità.
TSB	< 20%	> 60%
Ni, Cr	Ni, Cr tra 500 e 650 ppm; il valore è particolarmente elevato per i suoli su gabbro, forse grazie alla presenza di clasti di serpentinoscisto in profondità.	Il contenuto in Ni è 900 e 1120 ppm nell'orizzonte A e nel Bw rispettivamente, in Cr è 1090 e 1010 nei medesimi orizzonti.
Cu	Circa 60 ppm;	30 ppm; i valori inferiori su serpentinite sono in accordo con la calcofilia del metallo, concentrato massimamente nelle rocce mafiche.
Ca/Mg	> 3	Circa 1
Classificazione	Dystric Cambisol (WRB, 1998); Alocrisol (R.P., 1995).	Eutri-Skeletal Regosol (WRB, 1998); Cryosol-Colluviosol (R.P., 1995).

Tabella 5 – Principali caratteristiche e differenze tra i suoli della serpentinite (P12) e del metagabbro (P11).

La differente tessitura evidenzia la maggiore alterabilità della serpentinite nei confronti del metagabbro; secondo Verger *et al.*, 1993, ad esempio, la serpentinite si altera soprattutto per frammentazione fisica, e produce una maggior quantità di limi ed argille rispetto alle altre litologie. La maggior alterabilità e frammentazione fisica potrebbe essere la causa del maggiore movimento e della maggiore erosione che interessano il versante dove è localizzato il P12.

La vegetazione di questi siti è differente almeno quanto lo sono i suoli:

- la comunità vegetale rilevata attorno al P11 è composta da specie prevalentemente acidofile, quali *Vaccinium uliginosum* s. l., *Loiseleuria procumbens*, *Festuca halleri*, *Carex curvula*;

- la comunità vegetale attorno al P12, oltre alle acidofile *V. uliginosum* s. l., e *F. balleri*, presenta numerose specie caratteristiche della serpentinite (*Carex fimbriata*, *Cardamine plumieri*), e brassicacee (particolarmente diffuse sui suoli ricchi in metalli della serpentinite, da Brooks, 1987) quali *Biscutella laevigata*, *Thlaspi sylvium* (Fig. 6).



Fig. 6 – Alcune specie comuni su serpentinite: da sinistra, *Carex sempervirens*, *Loiseleuria procumbens*, *Plantago serpentina*, *Antennaria dioica*, *Cardamine plumieri*, *Thlaspi sylvium*, *Carex fimbriata*, *V. uliginosum* s. l., *Silene exscapa*, *Luzula lutea*, *Trichophorum caespitosum*.

Altre specie adattate (accumulatrici od iperaccumulatrici) alle elevate concentrazioni di Ni dei suoli della serpentinite sono *Luzula lutea* e *Campanula scheuchzeri* (Vergnano Gambi e Gabbrielli, 1981; Gabbrielli, Pedani e Vergnano Gambi, 1987), acidofile, rilevate nell'intorno del P12 e non del P11.

Le condizioni di pH moderatamente acido probabilmente aumentano la mobilità e, quindi, la possibilità di assimilazione ed accumulo da parte della vegetazione.

Le superfici stabili su serpentinite

Se il sito di sviluppo è stabile, i processi pedogenetici possono agire per tempi prolungati, favorendo importanti modifiche dei caratteri chimico-fisici dei suoli rispetto al materiale litologico di partenza.

I suoli sono quindi moderatamente evoluti (ad es., P10, Dystric-Epipedic Cambisol

(WRB, 1998), Brunisol oligosaturato, a Dysmoder, umifero (R.P., 1995)). Le loro principali proprietà sono riassunte in tab. 3. Il differente contenuto in Ni e Cr, e l'alto rapporto Ca/Mg evidenziano una mobilizzazione e lisciviazione di alcuni metalli (tra cui il Ni) e del Mg. Il Cr è più concentrato del Ni grazie all'elevata mobilità di quest'ultimo in condizioni acide, mentre il Ca è più concentrato rispetto al Mg grazie alla bioaccumulazione, che ne facilita l'arricchimento negli orizzonti organici ed organominerali superficiali (Lee *et al.*, 2001).

La vegetazione, in accordo con i parametri ecologici, è generalmente acidofila (*Rhododeto-vaccinietum*); le specie più diffuse sono acidificanti (*Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium uliginosum* s. l., *Juniperus communis*, *Larix decidua*) ed è presente la serpentinicola *Carex fimbriata*.

Talvolta le comunità vegetali mostrano la commistione di specie acidofile e basifile, tipica dei substrati ultramafici (Proctor e Nagy, 1991; Brooks, 1987); sono presenti alcune specie basifile dell'associazione *Seslerietea albicantis*, quali *Dryas octopetala*, *Antennaria carpatica*, *Ligusticum mutellinoides*, insieme alle acidofile *V. uliginosum* s. l., *Rhododendron ferrugineum*, *Loiseleuria procumbens*, *Carex curvula* e *Festuca halleri*. I caratteri edafici osservati in corrispondenza di queste tipologie vegetazionali sono spesso discordanti con la vegetazione rilevata (Tab. 3).

Solo in casi sporadici (P24) sono state rilevate comunità vegetali con un contingente di specie acidofile paragonabile a quello delle basifile del *Seslerietea albicantis*: sono presenti, ad esempio, *Sesleria caerulea*, *Leontopodium alpinum*, *Primula farinosa*, *Ligusticum mutellinoides*, *Bupleurum ranunculoides*, *Biscutella laevigata*, *Allium schoenoprasum*, *Dryas octopetala*. La specie con copertura maggiore è *Carex fimbriata*, ad evidenziare il carattere ultramafico dei suoli. Il suolo, in questo caso, è poco evoluto ma ricco in sostanza organica (Humi-Eutric Leptosol (WRB, 1998)), con caratteristiche tipiche di ambienti stabili e di ambienti disturbati: elevato contenuto in sostanza organica ed elevato rapporto Ca/Mg sono tipici di ambienti poco disturbati, mentre i grandi lobi di soliflusso attivi, alti più di 1 m, evidenziano un'importante crioturbazione.

Le falde detritiche su serpentinite

I caratteri dei suoli dei versanti detritici xerici, prevalentemente esposti a sud, presentano somiglianze e differenze da quelli descritti in letteratura (Verger, 1979; Buffa, 1998): sono poveri in materiale fine, con una capacità di scambio (CSC) bassa, una composizione chimica poco differenziata rispetto al materiale parentale (con un leggero arricchimento in CaO e Al₂O₃), il rapporto Ca/Mg è spostato a favore del Ca; il pH è acido, e il TSB basso (Dystri-Skeletal Regosols o Eutric Regosols). Il contenuto in Ni e Cr è elevato (Tab. 3).

La copertura vegetale è discontinua grazie all'attività del versante, e presenta specie acidofile (tra cui *Rhododendron ferrugineum*, *Antennaria dioica*, *Gentiana acaulis*, *Nardus stricta*) e basifile (*Linum alpinum*); sono presenti in gran numero le specie serpentinicole quali *Carex fimbriata* e *Cardamine plumieri*, e sono comuni le specie adattate alle elevate concentrazioni di metalli pesanti quali *Biscutella laevigata*, *Thlaspi sylvium*, *Luzula lutea*, *Thlaspi rotundifolium*, *Cardamine plumieri*, *Festuca violacea*; sono assenti le specie più basifile citate da Verger (1979), quali *Sesleria caerulea*.

Le aree sommitali su serpentinite

Sopra ai 2400-2500 m, vaste estensioni sono caratterizzate da criofratturazione del substrato litoide e concentrazione di pietre in superficie. La copertura vegetale è estremamente discontinua. I caratteri morfologici dei suoli sono descritti nel paragrafo generale sul piano alpino. Per i caratteri chimici si rimanda alla Tab. 3. Il valore di pH evidenzia un grado di sviluppo basso ma non assente; l'elevato rapporto Ca/Mg può dipendere da un'insufficiente alterazione del materiale parentale, che tenderebbe, quindi, a non rilasciare Mg.

Le specie vegetali rilevate sono prevalentemente acidofile, e sono presenti la serpentinicola *Carex fimbriata*, specie adattate ad elevati contenuti in metalli pesanti (*Luzula lutea* e *Biscutella laevigata*), specie tipiche di creste ventose quali *Loiseleuria procumbens*, o di ambiente umido quali *Bartsia alpina* e *Trichophorum caespitosum*.

Limite inferiore del piano alpino

Al limite inferiore del piano altitudinale alpino, nei pressi del limite della vegetazione forestale, l'acidificazione operata da numerose specie arbustive (*Vaccinium* sp. pl., *Loiseleuria procumbens*, *Rhododendron ferrugineum*, *Juniperus communis*) favorisce l'instaurarsi del processo pedogenetico della podzolizzazione; questi suoli sono analoghi a quelli diffusi sotto foresta subalpina (Tab. 3).

Gli ambienti alpini delle rocce mafiche: caratteri generali

I suoli formati a partire da rocce mafiche (prasiniti e metagabbri) sono profondamente diversi da quelli su serpentinite, grazie alla diversa composizione chimica ed alla minore velocità di alterazione che le caratterizza.

Nel caso dei suoli sviluppati su rocce mafiche, il pH è normalmente molto acido, compreso tra 4 e 5, il rapporto Ca/Mg è sempre superiore a 2, la quantità di Ca ed Mg scambiabili è molto scarsa. Il contenuto di Ni e Cr pseudototali è normalmente compreso tra 150 e 350 ppm.

Le relazioni tra i vari parametri chimici sono simili a quanto rilevato per i suoli sviluppati su altre litologie (Tab. 6), anche se non sempre statisticamente significative.

	pH	quota	Ca/Mg	Ni	Cr	Cu	Ca	Mg
pH	1							
quota	0,63	1						
Ca/Mg	0,77	0,52	1					
Ni	-0,04	0,31	-0,26	1				
Cr	-0,47	0,31	-0,44	0,97	1			
Cu	0,71	0,35	0,78	-0,70	-0,73	1		
Ca	0,96	0,49	0,99	-0,45	-0,52	0,80	1	
Mg	0,96	0,46	0,82	-0,44	-0,62	0,66	0,90	1

Tabella 6 – Relazioni tra i vari caratteri chimici rilevati nei suoli su substrati dominanti da metagabbri e prasiniti.

L'elevata acidità edafica è in accordo con quanto mostrato da Verger nei suoi numerosi articoli (1979, 1989, 1993, 1995), dove vengono evidenziate le somiglianze tra i suoli su rocce mafiche e sullo gneiss acido, e le differenze con quelli su rocce ultrabasiche.

Dal punto di vista tassonomico (WRB, 1998), i suoli appartengono a 5 gruppi: Cambisols, Podzols, Regosols, Umbrisols e Phaeozems (un solo profilo osservato).

È importante evidenziare i frequenti fenomeni di incipiente podzolizzazione, anche in suoli sviluppati a quote elevate: alcune porzioni della parte superiore dell'orizzonte Bw sono sbiancate da fenomeni di migrazione degli ossidi di ferro, in assenza di evidenti fenomeni di ristagno idrico, o un orizzonte Bw fortemente arrossato, che presuppone l'illuviazione di ossidi. La vegetazione presenta prevalentemente specie acidofile. Sotto arbusteto ad ericacee e ginepro vi sono veri Podzol.

Le comunità vegetali qui insediate sono acidofile. Mancano le serpentinicole *Cardamine plumieri*, *Thlaspi sylvium*, *T. rotundifolium* subsp. *corymbosum*, *Carex fimbriata*; sono scarse le altre specie resistenti ad elevati contenuti in metalli quali *Biscutella laevigata* e *Luzula lutea.*, e l'eurifila *Carex sempervirens* (Fig. 7).

Non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra i suoli e le comunità vegetali su falde detritiche, in aree intensamente crioturbate o sotto prateria stabile.



Fig. 7 – Alcune specie tipiche su metagabbro: da sinistra, *Vaccinium uliginosum* s. l., *Carex curvula*, *Silene exscapa*, *Oxyria digyna*, *Rhododendron ferrugineum*, *Valeriana celtica*, *Saponaria lutea*, *Minuartia laricifolia*.

Gli ambienti del calcescisto: caratteri generali

Un'altra interessante tipologia ambientale sono gli ambienti alpini su calcescisti. Malgrado la loro ampia diffusione sull'arco alpino occidentale, questi ambienti sono poco studiati, soprattutto dal punto di vista pedologico.

I caratteri dei suoli su calcescisti (Tab. 7) sono:

- orizzonte B o CB arrossato, sovrastato da un orizzonte A ricco in sostanza organica ed un orizzonte A2 (AE) grigio ed apparentemente impoverito in ferro e sostanza organica;
- struttura assente nell'orizzonte A e nell'AE, laminare nel B o nel BC (derivata dalla scistosità del materiale parentale);
- carbonati completamente lisciviati dagli orizzonti pedogenizzati e dalla parte più alterata (saprolite) del materiale parentale;
- Malgrado la morfologia apparentemente simile a quella dei suoli podzolici, le analisi standard richieste (pH nell'orizzonte B; Fe ed Al estraibili in ossalato) mostrano una mobilizzazione molto debole del ferro ed assente dell'Al.

	Profili	Orizz.	Colore	pH _{KCl}	TSB%	Ca/Mg	Humus	Ni, Cr, Cu	Txt	WRB (1998)
1	34, 36, 38, (42), 56,	A	Nero	4,3	35	26	Moder	63, 95, 16	SF	Cromi-
		AE	Grigio	5,5	43	15		83, 109, 57	FS	Dystric
		Bw	Rossastro	5,7	31	8		51, 71, 45	S	Cambisol
2	28, 33, 54,	AC	Oliva	6,6	59	11		180, 314, 81	S	Eutric
		C	scuro							Regosol
3	45, (36)	AC	Bruno	6,5	58	12		172, 214, 61	S	Eutric
		BC	Rossastro	6,3	49	9		152, 245, 85	S	Regosol
4	21, 37	A1	Nero	6,5	71	21		215, 230, 32	FS	Cambisol
		C	Oliva	6,7	78	18		230, 241, 37	SF	Cambisol
		A2	Br. scuro	5,8	42	19			FS	

Tabella 7 – Principali caratteri dei suoli su calcescisto (dati medi per simili orizzonti genetici). 1: ambiente stabile; 2: falda detritica; 3: area sommitale; 4: area interessata da intenso soliflusso. Br. Scuro : bruno scuro.

Le aree sommitali

I suoli delle quote più elevate, intensamente crioturbate e caratterizzate da concentrazione di pietre in superficie, sono simili a quelli sviluppati su serpentinite nelle medesime condizioni ambientali. La fragilità e sfaldabilità del calcescisto favoriscono la produzione di una grande quantità di frammenti rocciosi di piccole dimensioni, facilmente riorganizzati dalla crioturbazione; in questi ambienti è possibile, infatti, osservare la massima diffusione delle tipiche forme periglaciali, quali “suoli striati”, “cerchi di pietre”, “rock streams”.

Sotto ai sottili orizzonti pedologici (tab. 7) vi è la roccia alterata (saprolite) e criofrat-turata. Il pH è prossimo alla neutralità, grazie all'elevato contenuto in basi nel materiale parentale, ma i carbonati sono stati completamente lisciviati dagli orizzonti pedologici.

La vegetazione è tipica di ambienti pietrosi instabili e nivali, con specie tipiche di suoli moderatamente ricchi in basi quali *Carex parviflora*, *Saxifraga moschata*, *Saxifraga oppositifolia*, e di suoli acidi quali *Salix herbacea*, *Valeriana celtica*, *Leucanthemopsis alpina*.

Le falde detritiche e le aree instabili

In queste tipologie ambientali sono state rilevate le specie vegetali appartenenti all'alleanza *Drabion hoppeanae*, tipica su calcescisto (Giacomini e Pignatti, 1955; EUNIS, 2005), con *Achillea nana*, *Cardamine resedifolia*, *Cerastium latifolium*, *Linaria alpina*, *Saxifraga oppositifolia*. Sono presenti anche specie tipiche di ambienti acidificati quali *Carex curvula*, e nivali (*Luzula alpinopilosa*, *Salix herbacea* e *Sedum alpestre*) (Fig. 8).

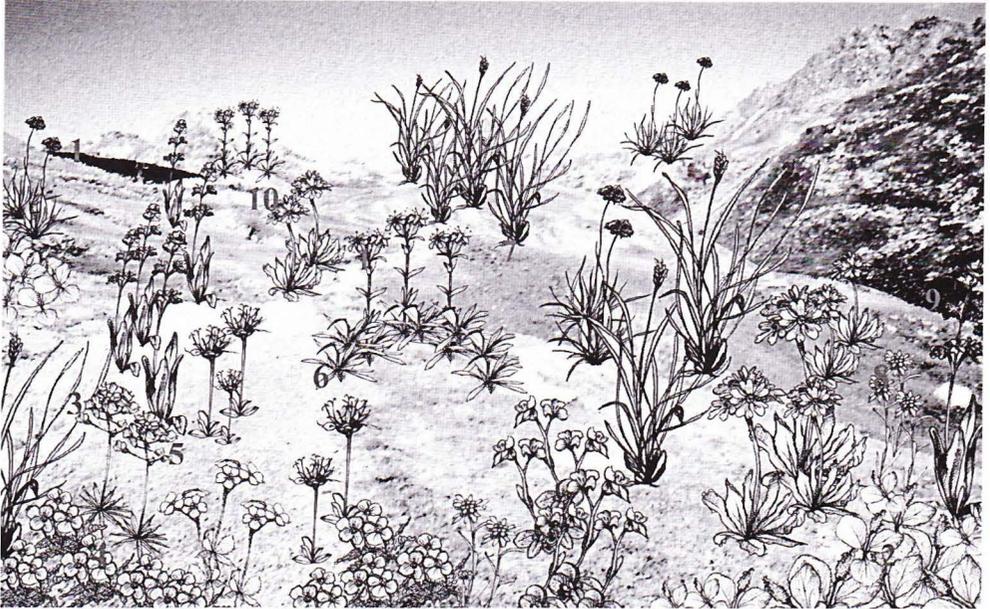


Fig. 8 – Alcune specie tipiche su calcescisto: *Armeria alpina* (1), *Salix reticulata* (2), *Luzula spicata* (3), *Androsace obtusifolia* (4), *Draba hoppeana* (5), *Primula farinosa* (6), *Saponaria lutea* (7), *Primula hirsuta* (8), *Leontopodium alpinum* (9), *Valeriana celtica* (10).

I caratteri dei suoli delle falde detritiche attive (Hyperskeleti-Eutric Cambisol, COLLUVIOSOL ghiaioso), sono riassunte in tab. 7, alcune peculiarità sono:

- Elevato contenuto in scheletro ed evidenza di coperture detritiche successive;
- Bassa evoluzione pedogenetica (successione di orizzonti AC e C, privi di struttura) a causa del frequente apporto di materiale colluviale;
- Contenuto in metalli pesanti piuttosto elevato, forse a causa della prossimità ad affioramenti di serpentinite.

I suoli dei siti caratterizzati da intensi disturbi erosivi, con cotica erbosa parzialmente asportata, o con intenso soliflusso, sono più evoluti rispetto a quelli delle falde detritiche: normalmente, un orizzonte Bw, ben sviluppato ed arrossato, giace sotto un orizzonte A molto scuro e ad un AE grigiastro e sbiancato; al di sotto vi è il substrato litoide in via di alterazione e decarbonatato. L'evoluzione pedogenetica degli orizzonti A, AE, Bw è evidenziata dal basso pH; sono classificati Dystric-Epileptic Cambisol (WRB, 1998) o BRUNISOL-ALOCRISOL (R. P., 1995).

La vegetazione risente dell'elevato contenuto in basi di scambio del substrato in via di alterazione a bassa profondità, malgrado l'elevata acidificazione superficiale, e presenta compresenza di elementi basifili appartenenti all'alleanza *Drabion hoppeanae*, quali *Draba hoppeana*, *Pritzelago alpina*, *Poa minor*, ed elementi acidofili, quali *Carex curvula*, *Festuca halleri*, *Leucanthemopsis alpina*.

Quando predomina il soliflusso, il materiale fresco apportato in superficie rende il pH degli orizzonti A vicino alla neutralità (Eutric Cambisol – BRUNISOL mesosaturato-CRYOSOL minerale). Sono qui presenti numerose specie basifile, tra cui *Primula farinosa* e *Sesleria varia*, insieme ad acidofile quali *Carex curvula*, *Festuca halleri*, *Juncus jacquini* e *Valeriana celtica*.

Praterie alpine stabili

Le aree stabili, ricoperte da prateria alpina continua, mostrano i suoli tipici del calcescisto nel loro miglior sviluppo. Malgrado l'apparente attività del processo di podzolizzazione, Fe ed Al estratti in ossalato non evidenziano accumulo illuviale di ossidi nell'orizzonte B. Alcune proprietà sono riassunte in Tab. 8 (*v. pag. seg.*)

La comunità vegetale è un curvuleto tipico ben espresso, dominato da specie acidofile quali *Carex curvula*, *Geum montanum*, *Leucanthemopsis alpina*, *Sedum alpestre*. Sono presenti anche specie tipiche di ambienti nivali, come *Salix herbacea* e *Soldanella alpina*, o di ambienti esposti ai venti, quali *Loiseleuria procumbens*.

La presenza estesa di quest'ultima specie può aver contribuito alla profonda acidificazione del solum, insieme alla durata dell'innevamento invernale ed alle basse temperature.

Dove l'acidità edafica è minore, la comunità vegetale mostra un discreto contingente di specie basifile, tra cui *Salix reticulata* e *Potentilla crantzii*. Vi sono anche specie acidofile quali *Juncus trifidus*, *Arnica montana*, *Leucanthemopsis alpina*.

Gli ambienti delle rocce acide

Le litologie acide appartenenti alla falda Glacier-Rafray (gneiss albitici e micascisti granatiferi) sono diffuse su limitate aree sommitali; in questi ambienti la pedogenesi è poco evoluta, e la copertura vegetale è fortemente discontinua e limitata a piccoli settori dal microclima particolarmente favorevole.

I fattori pedogenetici principali sono la quota elevata e la conseguente intensa crioturbazione e soliflusso. Il pH è, conseguentemente, neutro o leggermente acido (pH compreso tra 5 e 6,8, forse grazie alla presenza di clasti carbonatici di calcescisto); il TSB è compreso tra il 40% ed il 100%; i suoli sono classificati Hyperskeleti-Humic Regosol (Eutric) (WRB) e CRYOSOL-COLLUVIOSOL.

Il rapporto Ca/Mg è superiore a 7, mentre il contenuto assoluto in Ca e Mg scambiabili sono generalmente più alti che sulle altre litologie, forse grazie alla crioturbazione ed alla colluviazione di materiale fresco e poco alterato, in grado di rilasciare grandi quantità di basi. I metalli pesanti sono presenti in quantità inferiore a 200 ppm, valori insolitamente elevati per simili litologie: ciò può essere dovuto all'influenza delle rocce mafiche presenti nelle immediate vicinanze.

P	Coord X	Coord Y	quota	P	Coord X	Coord Y	quota
4	390731	5055467	2240	42	385018	5050420	2565
5	391661	5055842	2505	43	384981	5050420	2560
6	391492	5055562	2360	44	384749	5048859	2810
10	388040	5053837	2425	45	384791	5049796	2700
11	388536	5054496	2750	46	384570	5048452	2930
12	388397	5054409	2640	47	389093	5057673	1995
13	389247	5053547	2195	48	388422	5055825	2335
16	390523	5054549	2160	51	384864	5050352	2578
19	385769	5053931	2930	52	383509	5050792	2705
20	385760	5053819	2885	53	383566	5050716	2730
21	385783	5053287	2760	54	384199	5049898	2620
22	385468	5052904	2560	55	384186	5050833	2680
23	389413	5053972	2230	56	384763	5051338	2535
24	389372	5053971	2248	57	385030	5051395	2492
25	389082	5054033	2330	58	385469	5052323	2338
28	383046	5050818	2800	83	390386	5061636	2257
29	383958	5051506	2555	102	387207	5055769	2580
32	384208	5052722	2630	104	387110	5056315	2610
33	383889	5052395	2650	106	387,873	5056,339	2480
34	383008	505980	2765	107	388541	5056266	2280
35	383205	5052042	2740	126	387829	5058724	2330
36	384220	5051813	2570	127	387.532	5058.507	2405
37	384610	5051678	2480	128	386,611	5058,506	2665
38	383973	5051251	2590	129	386.871	5057.703	2665
39	383170	5051095	2765	130	386,928	5058.842	2710
40	383485	5051639	2535	132	386,412	5058,483	2715
41	384084	5051985	2565				

Tab. 8 – Localizzazione e quota dei profili considerati in questo studio. Le coordinate sono espresse in sistema Gauss Boaga.

La copertura vegetale è dominata da specie acidofile e basofile contemporaneamente, con specie caratteristiche del basifilo *Thlaspeion rotundifolii*, (*T. rotundifolium* subsp. *corymbosum*, *Petrocallis pyrenaica*, ecc.) e dell'*Androsacion alpinae* (acidofilo ed acidocli-no), quali *Ranunculus glacialis*, *Poa alpina*, *Leucanthemopsis alpina*.

CONCLUSIONI

I caratteri dei suoli sviluppati sopra al limite della vegetazione forestale mostrano una buona correlazione con il substrato: il rapporto Ca/Mg ed il pH aumentano mediamente passando da serpentinite a calcescisto, a differenza dei metalli pesanti Ni e Cr, mentre la tessitura diventa più fine su serpentinite, grazie alla sua elevata alterabilità. I parametri stagionali (drenaggio, pendenza ed esposizione) non sono significativi. Esiste, però, una notevole variabilità dei singoli parametri su substrati analoghi: ad esempio, il rapporto Ca/Mg su serpentinite varia da 0,2 a 10, in funzione dell'evoluzione del suolo.

Allo stesso modo, le comunità vegetali sono ben differenziate sulle diverse litologie: su serpentinite, le comunità sono prevalentemente acidofile, ma ricche in endemismi (*Caricetum fimbriatae*); le specie caratteristiche sono *Carex fimbriata* e numerose brassicacee quali *Thlaspi rotundifolium* subsp. *corymbosum*, *T. sylvium*, *Cardamine plumieri*, *Biscutella laevigata*. *Carex sempervirens* e *Dryas octopetala* sono altre specie caratteristiche degli ambienti alpini su serpentinite, su suoli sempre acidi.

Su metagabbro, l'associazione tipica è il *Caricetum curvulae*, con specie strettamente acidofile.

Su calcescisto crescono normalmente specie acidofile e basifile (associazione *Drabion hoppeanae*, spesso arricchita in specie acidofile del *Caricetum curvulae*).

I fattori edafici in grado di spiegare queste differenze possono essere l'elevato contenuto in metalli tipico dei suoli su serpentinite (su cui crescono numerose brassicacee), e la facile acidificazione dei suoli su metagabbro e su calcescisto.

Occorre notare come *Carex fimbriata* non sia correlata con il Mg scambiabile o con il rapporto Ca/Mg variabile dei suoli su serpentinite. questa specie non sembra neppure sensibile a variazioni di pH o di drenaggio.

RINGRAZIAMENTI

Rivolgo i miei ringraziamenti a Massimo Bocca, direttore del Parco Naturale del Mont Avic, per il supporto logistico e per il finanziamento della presente ricerca, e a Mino D'Alessio, presidente della soc. coop. Rea.; ringrazio Mirko Gabellone per i disegni schematici semplificati delle diverse comunità vegetali.

BIBLIOGRAFIA

- A.F.E.S.-I.N.R.A., 1995. *Référentiel Pédologique*. I.N.R.A., Paris.
- Brooks, R.R., 1987. *Serpentine and its Vegetation. A multidisciplinary Approach*. Portland, Oregon: Dioscorides press. 454 p.
- Buffa G., Miserere L., Montacchini F., 1998. Aspetti della vegetazione d'altitudine del Parco Naturale del Mont Avic. *Rev. Valdôtaine Hist. Nat.* 52: 35-48.
- D'Amico M., 2003. *Suoli e ambienti del Parco Naturale del Mont Avic (Ao): prime indagini*. Tesi di laurea, Università degli Studi di Milano Bicocca, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio.
- EUNIS, 2005. *Alpine calcschist screes*. EUNIS, European Nature Information System.

- FAO, ISRIC, 1998. *World Reference Base for Soil Resources*.
- Gabbriellini R., Pedani F., Vergnano Gambi O., 1987. Ulteriori dati sulla composizione minerale della vegetazione degli affioramenti ofiolitici dell'alta Valle d'Ayas. *Rev. Valdôtaine Hist. Nat.*, 41: 99-110.
- Giacomini V., Pignatti S., 1955. Flora e vegetazione dell'alta Valle del Braulio, con particolare riferimento ai prati d'altitudine. *Flora et vegetatio italica*, memoria n°11.
- Guglielmin M., 1997. *Il permafrost alpino. Concetti, morfologia e metodi di individuazione*. Milano: Centro di Studio per la Geodinamica alpina e Quaternaria (Quaderni, 5), 117 p.
- Lauber K., Wagner G., 1998. *Flora helvetica. Flore illustré de Suisse*. 2ème édition. Berne: Haupt. 1616 p.
- Lee B. D., Graham R. C., Laurent T. E., Amrhein C., Creasy R. M., 2001. Spatial distribution of soil chemical conditions in a serpentinitic wetland and surrounding landscape. *Soil Science Society of America Journal.*, 65: 1183-1196.
- Legendre P., Legendre L., 1998. *Numerical Ecology*. Second English Edition. Elsevier, Amsterdam.
- Mercalli L., 2003. *Atlante climatico della Valle d'Aosta*. Torino: Società Meteorologica Italiana. ix+405 p.
- Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, 1994. *Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo*. Roma: ISMEA. ii+207 p.
- Occhipinti S., 1997. *Prime note sulla geologia e geomorfologia della valle del torrente Chalamy*. Inedito. Biblioteca del Parco Naturale del Mont Avic. Champdepraz, Aosta.
- Peretti F., Meotto F., Vizzini A., Buffa G., 1999. Ricerche micoeologiche sugli ecosimbionti di Pino uncinato nel Parco Naturale del Mont Avic. *Revue Valdôtaine Hist. Nat.*, 53 : 63-84.
- Pignatti S., 1982. *Flora d'Italia*, Bologna: Edagricole. 3 volumi. 790, 732, 780 p.
- Pirola A., 1959. Flora e Vegetazione periglaciale sul versante meridionale del Bernina. *Flora et Vegetatio italica*, memoria n° 1, settembre 1959.
- Proctor J., 1999. Toxins, nutrient shortage and droughts: the serpentine challenge. *TREE* vol. 14, no. 9, September 1999.
- Proctor J., Nagy L., 1991. Ultramafic rocks and their vegetation: an overview. In "The Vegetation of Ultramafic (Serpentine) soils". *Proceedings of the First International Conference on Serpentine Ecology* (University of California, Davis, 19-22 June 1991): 469-494.
- Robinson B. H., Brooks R. R., Kirkman J. H., Gregg P. E. H., Alvarez H. V., 1996. Edaphic influence on a New Zealand ultramafic ("serpentine") flora: a statistical approach. *Plant And Soil* 188: 11-20.
- Soil Survey Staff, 2003. *Soil Taxonomy. USDA-SCS. U.S. Gov. Print Office, Washington, DC*.
- Verger J. P., 1979. Origine des sols sur prasinites et serpentines sous végétation pionnière en climat alpin (Val d'Aoste). *Doc. Cartographie Ecol.*, 21: 127-138.
- Verger J. P., 1989. Rôle des ions de l'acidité dans la répartition des espèces végétales. Application à quelques espèces de l'étage alpin. *Bull. Ecol.*, 20 (3): 237-244
- Verger J. P., Cadel G., Rouiller J., Souchier B., 1993. Végétations forestières et alpines du haut Val d'Aoste sur roches ophiolitiques et gneiss. *Rev. Ecol. Alp.*, 2: 43-72.
- Verger J. P., 1995. Vegetation and Soils in the Valle d'Aosta (Italy). In: Baker A. J. M., Proctor J., Reeves R. D. (eds.). *The vegetation of Ultramafic (Serpentine) Soils: Proceedings of the first International Conference on Serpentine Ecology*. Intercept, Andover: p. 175-195.
- Vergnano Gambi O., Gabbriellini R., 1981. La composizione minerale della vegetazione degli affioramenti ofiolitici dell'alta Valle d'Ayas. *Rev. Valdôtaine Hist. Nat.*, 35: 51-61.

RIASSUNTO

Il Parco naturale del Mont Avic (AO) racchiude interessanti e diversificati ambienti alpini, localizzati sulle serpentinita, rocce mafiche e calcescisti del complesso ofiolitico del Mont Avic. I suoli mostrano interessanti particolari caratteri chimico-fisici, correlati statisticamente con le comunità vegetazionali.

I suoli e la vegetazione dipendono dal substrato e dai processi geomorfici. Su serpentinita, in situazioni ben drenate, la tipica associazione è il *Caricetum fimbriatae*, arricchita da alcune Brassicaceae adattate ad elevati contenuti in metalli pesanti. Alcuni caratteri pedologici sono: pH compreso tra 4 e 6, rapporto Ca/Mg variabile, alto contenuto in Ni e Cr (fino a 1300 ppm).

Su superfici stabili su rocce mafiche e calcescisti l'associazione vegetale dominante è il *Caricetum curvulae*, i suoli sono acidificati, ricchi in sostanza organica, il contenuto in Ni e Cr è attorno a 200 ppm. Su calcescisto, il pH cresce con la profondità fino a 6,5, mentre la flora è arricchita in specie basifile. La morfologia simile a quella dei Podzol non trova riscontro nei risultati analitici.

RÉSUMÉ

Sols et Végétations du Parc Naturel du Mont Avic (Vallée d'Aoste, Italie) - 1: les étages subalpin supérieur et alpin.

Le Parc Naturel du Mont Avic (Vallée d'Aoste, Italie) montre environnements alpins intéressants et diversifiées, sur les roches du complexe ophiolitique du Mont Avic (serpentinites, roches mafiques et calcschistes). La morphologie et la chimie des sols sont particulières et intéressantes, corrélées statistiquement au communautés végétales.

Les sols et la végétation dépendent de substrat et des processus geomorphologiques. Sur serpentinite, en stations bien drainée, l'association typique est le *Caricetum fimbriatae*, enrichi en quelques Brassicaceae adaptées aux élevés contenues in métaux lourdes. Le pH est compris entre 4 et 6, le rapport Ca/Mg est variable, le contenue en Ni et Cr très haut (jusqu'à 1300 ppm).

Sur surfaces stabilisées sur roches mafiques et calcschistes, l'association végétale typique est l'acidophile *Caricetum curvulae*, les sols sont acidifiées, riches in substances organiques, le contenue moyenne en Ni et Cr est 200 ppm. Sur calcschist, le pH augmente en profondeur jusqu'au 6,5, et la végétation est enrichie en espèces basiphiles. La morphologie podzolique n'est pas confirmée par les analyses chimiques.

