

ORIGINE DES SOLS SUR PRASINITES ET SERPENTINITES SOUS VEGETATION PIONNIERE EN CLIMAT ALPIN (VAL D'AOSTE)

par J.P. VERGER (1)

I.- Le milieu.....	128
II.- Les stations sur sols peu évolués d'érosion.....	132
III.- Les sols initiaux.....	136
Conclusions.....	137
Bibliographie.....	138

RESUME.- Sous le climat alpin relativement sec du Val d'Aoste et en milieu bien drainé, les serpentinites et les prasinites donnent naissance, essentiellement par désagrégation physique, à des sols minéraux bruts et des sols initiaux peu évolués. Les deux milieux restent assez bien pourvus en bases Ca et Mg; le magnésium, plus difficilement mis en position échangeable, ne domine pas et le rapport Ca^{++}/Mg^{++} , même sur serpentinites, reste supérieur à 1. A ce stade initial d'altération se dessinent cependant des divergences : l'altération des serpentinites aboutit à une libération intense de fer; les prasinites s'acidifient plus vite et libèrent de l'aluminium. La végétation des sols minéraux sur prasinites, sauf topographie très particulière, se rattache à l'alliance acidophile de l'*Androsacion alpinae* alors que les groupements du *Thlaspeion rotundifolii* colonisent les pentes serpentiniques.

SUMMARY.- Under the comparatively dry alpine climate of the Val d'Aoste and in a well-drained medium, serpentines and prasines give rise, basically through physical disintegration, to raw mineral soils and primitive soils that have undergone but few changes.

Both mediums contain a good deal of Ca and Mg bases; magnesium is not predominant and the Ca/Mg ratio is always above 1.

The decaying of serpentines yields a great amount of Fe; Prasines turn into acids more quickly and yield aluminium.

The vegetation growing on mineral soils that are on prasines, except in some particular cases, belongs to the *Androsacion alpinae* group, those on serpentines to the *Thlaspeion rotundifolii*.

(1) U.E.R. des Sciences. Laboratoire de Biologie végétale.
123, rue Albert Thomas. 87060 Limoges Cedex.

Pendant longtemps la connaissance des sols de haute montagne est demeurée un peu en retrait de l'étude phytosociologique bien que les très nombreux travaux d'écologie alpine fournissent d'utiles renseignements. Depuis quelques années l'étude pédologique de ces régions connaît un développement particulier. Les roches siliceuses et calcaires largement représentées soulevèrent en premier lieu l'intérêt des chercheurs; BOTTNER (1971) étudie les sols sur calcaires des Alpes du Sud, LEGROS et CABIDOCHÉ (1977) les milieux siliceux des Alpes et des Pyrénées, LABROUE (1976) et MONTCOUYOUX (1976) s'attachent à l'aspect microbiologique de la pédogénèse. Par contre, les travaux relatifs aux roches ultrabasiques sont beaucoup plus ponctuels (voir dans BERRE 1970 et GAMS 1975). Ce sont ces milieux particuliers, moins étendus dans les Alpes que les substrats classiques qui ont retenu notre attention.

Nous nous proposons, dans le cadre d'un milieu de montagne proche de la France, de rechercher dans quelle mesure s'individualisent, aux divers étages montagnard, subalpin et alpin, des climax stationnels propres aux roches du type roches vertes. Ceci nous amènera à redéfinir les associations végétales et surtout, dès les stades initiaux, à suivre la mise en place des sols et leur répartition en fonction des facteurs locaux : topographie, altération, matériel d'éboulis, roche-mère en place.

I. LE MILIEU

1.1 Géologie

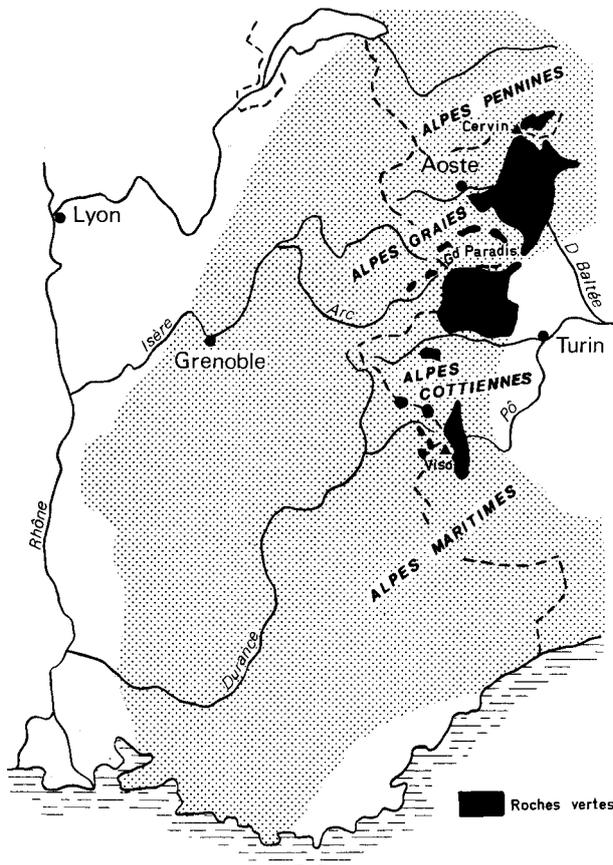


Fig.1.- Distribution des principaux affleurements de roches vertes dans les Alpes occidentales

Les prasinites et les serpentinites appartiennent au groupe des roches basiques et ultrabasiques. Selon VUAGNAT (1951) dans les Alpes, ces roches "ne sont pas très importantes au point de vue quantitatif. Le volume qu'elles occupent est petit comparé à celui des granites, des gneiss ou des roches sédimentaires des diverses nappes". Elles affleurent en plusieurs points des Alpes occidentales et constituent une part importante des massifs du Viso dans les Alpes Cottiennes, du complexe ophiolite-schistes lustrés au Sud du Grand Paradis dans les Alpes Graies, de la moitié Est du Val d'Aoste dans les Alpes Pennines (fig. 1). Leur répartition et leur nature offrent un intérêt particulier aussi bien pour le géologue que pour le pédologue et le botaniste.

Dans cet ensemble souvent désigné sous le vocable de "Roches Vertes", NICOLAS (1966) distingue trois unités principales :

- les ultrabasites : péridotites et leurs divers produits de transformation dont les serpentinites et les roches associées, chloritites, trémolites,
- les prasinites,
- les gabbros métamorphiques.

Ces deux derniers groupes constituent les roches basiques. En raison du voisinage étroit, sur le terrain, des serpentinites et des prasinites, nous avons limité notre étude à ces milieux.

1.1.1. Caractères généraux des prasinites

La prasinite est une ortho-amphibolite; elle résulte d'anciens basaltes spilites ou dolérites qui seraient autant d'expressions du même magma, déterminées par les circonstances de la mise en place. Définies dès 1886 par E. KALKOWSKY leur composition chimique fut précisée par VALLET (1950); elles comportent :

- un élément fedspathique essentiellement albitique;
- une fraction ferro-magnésienne, chlorite, amphibole et épidote, ces deux derniers éléments de nature essentiellement calcique;
- des minéraux accessoires : sphène, carbonates, séricite, très rarement du quartz.

La structure est ocellaire en raison de la présence des porphyroblastes d'albite. Les roches prasinitiques représentent une convergence métamorphique de divers faciès éruptifs basiques, à grain fin, texture litée et laminée ou en microplis en "accordéon", de couleur variant du gris clair au gris verdâtre, parfois au vert-jaunâtre.

La comparaison de la composition chimique de ces roches provenant de plusieurs points des Alpes et de nos propres échantillons du Val d'Aoste montre la constance du chimisme des prasinites (tabl. I).

TABLEAU I.- Composition chimique comparée des prasinites

PRASINITES	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	pF 600°
Alpes Graies (1)	47,35	15,25	10,16	0,17	6,49	11,38	3,38	0,28	1,51	-
Grand Combin (2)	47,5	15,93	9,98	0,15	6,49	9,55	3,53	0,6	2,05	-
Val d'Aoste (3)										
roche P. 135	50	16,5	9,4	0,14	7,3	7,5	3,5	0,3	1,3	3,38
roche P. 147	48	16,2	8,7	0,14	6,8	9,2	3,8	0,35	1,3	4,75

* Résultats exprimés en % - (1) données de NICOLAS (1966)
 (2) d'après DIEHL (1938)
 (3) Analyses CNRS Nancy (1977).

1.1.2. Caractères généraux des serpentinites

Les serpentinites proviennent du métamorphisme par hydratation des péridotites qui sont des silicates de magnésium. Les minéraux qui dominent sont essentiellement ferro-magnésiens : soit les péridots et pyroxènes en mélange avec l'antigorite de rétrodiagenèse Si₂O₅Mg₃(OH)₄. Dans ce groupe des péridotites, des remplacements isomorphes plus ou moins fréquents de Mg par Fe, très rarement par Ca conduisent à une série de composés. Ces serpentinites sont essentiellement magnésiennes et ferrifères, non calciques, mais le reste de la roche contient souvent des traces de métaux lourds (Ni, Co, Cr) fréquemment associés à la magnétite individualisée. Ce sont des roches plutoniques, holomélanocrates, massives et denses, de couleur vert foncé.

TABLEAU II.- Composition chimique comparée des serpentinites

SERPENTINITES	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	pF 600°
Moyenne (1)	40,49	1,77	10,85	0,22	37,36	0,74	0,15	0,10	0,65	-
Mont Rose	38,98	2,89	9,09	0,06	34,64	2,57	0,19	0,06	-	-
Val d'Aoste (2)										
roches S 161	41	3,3	9,4	0,1	33	1	<0,05	<0,05	0,4	10,39
S 120	41	2,5	5,5	0,12	22	18,5	0,06	<0,05	0,3	10,66
S 153	49	2,8	3,2	0,12	21	19	0,08	<0,05	0,3	4,66

* Résultats exprimés en % : (1) Moyennes empruntées à KRAUSE (1958)
 (2) Analyses CNRS Nancy (1977)

Le tableau II montre :

- que la roche-mère S 161 correspond assez fidèlement aux valeurs moyennes rencontrées sur les serpentinites avec tout au plus une plus grande richesse en aluminium pour les échantillons de cette région du Val d'Aoste.

- que les roches-mères des relevés S 120 et S 153 sont moins ferro-magnésiennes et plus calciques. Elles correspondent à des loupes d'éléments fibreux blanc verdâtre, faciès associés aux serpentinites, qui sont des ségrégations d'amphiboles de type trémolite : $\text{Si}_8\text{O}_{22}\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{OH})_2$. Ces loupes peuvent jouer un rôle non négligeable de pourvoyeur en calcium pour la végétation.

1.1.3. Conclusion

Dans la figure 2 ci-dessous, il n'a pas été tenu compte pour les serpentinites, des échantillons S 120 et S 153.

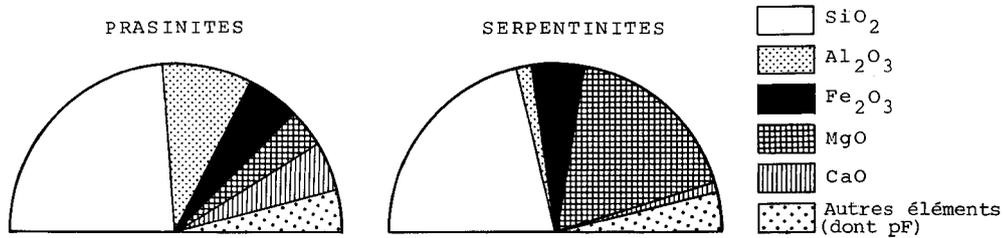


Fig.2.- Proportions comparées des principaux constituants chimiques d'une prasinite et d'une serpentinite (explications dans le texte)

Les serpentinites représentent le pôle ultrabasique ferro-magnésien et la pédogénèse ne pourra hériter que de l'antigorite comme phyllite. Au contraire, les prasinites constituent le pôle alumino-calcique qui fournit à la pédogénèse des minéraux phylliteux du type 2-1-chloriteux en assez grande abondance. Il semble exister en outre des variations géochimiques assez grandes surtout autour du premier type étudié.

1.2 Le relief

Les plus hautes montagnes d'Europe qui s'élèvent au-delà de 4 000 m encerrent le Val d'Aoste. La seule brèche dans ce formidable bastion se situe à Pont Saint-Martin où la Doire Baltée ouvre un étroit couloir vers la plaine piémontaise. L'intérieur du Val d'Aoste est largement et profondément compartimenté. Les vallées latérales et tout particulièrement celles de notre dition, séparées par d'abrupts chaînons de 2 000 à 3 300 m ne communiquent entre elles que par des cols fort élevés (col d'Olen, 2 881 m). Pour rejoindre le profond sillon de la Doire Baltée, les torrents de ces hautes vallées suspendues ont creusé vers l'aval de courtes mais austères gorges de raccordement (fig. 3).

1.3 Le climat

Le Val d'Aoste, fermé à l'influence atlantique par le massif du Mont-Blanc, aux influences méditerranéennes par le Grand Paradis, a un climat de type semi-continentale.

La faiblesse des précipitations, qui favorise la luminosité, est le trait dominant de ce climat : 1 999 mm au Grand St-Bernard (2 475 m) station la plus arrosée, 494 mm seulement dans la vallée de St-Marcel (554 m), pôle connu de la sécheresse pour les Alpes (fig. 4 et tabl. III). A ces faibles moyennes s'ajoutent d'extraordinaires irrégularités pouvant engendrer des périodes de sécheresse. L'été avec un minimum secondaire des précipitations en juillet, et l'hiver sont des saisons sèches. L'enneigement, bref, reste modéré (0,60 m à 0,80 m pour l'épaisseur du manteau de neige tassée entre 1 500 et 2 000 m).

Les températures annuelles et moyennes, plus élevées que sur le versant français, constituent un facteur d'aggravation de la sécheresse (tabl. IV).

1.4 La végétation initiale à l'étage alpin

Les groupements végétaux sont représentés par les groupements pionniers rencontrés à l'étage alpin. Ceux-ci se répartissent selon les deux grandes séries évolutives distinguées par BRAUN-BLANQUET et se rattachent à l'alliance du *Thlaspeion rotundifolii* et à celle de l'*Androsacion alpinae*.

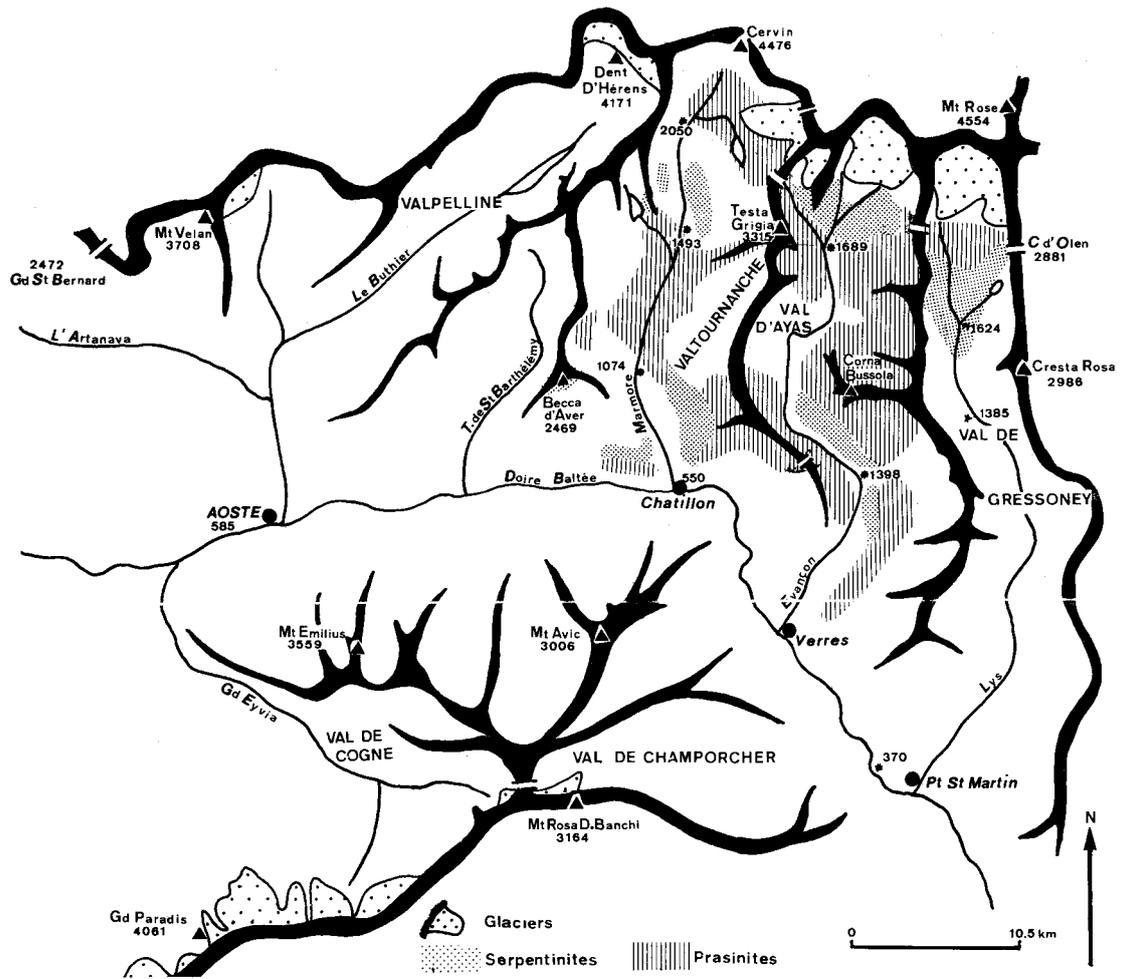


Fig.3.- Topographie et lithologie de la région Nord-Est du Val d'Aoste

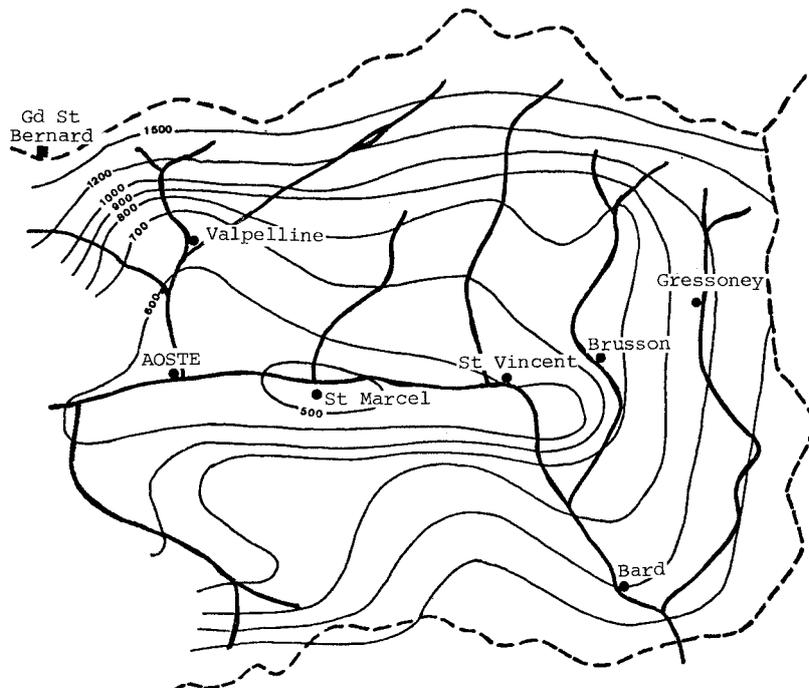


Fig.4.- Carte des isohyètes du Val d'Aoste

TABLEAU III.- Précipitations mensuelles et annuelles moyennes en mm : période 1921-1950.
Gressoney St Jean (1930-1950), St Marcel (1926-1950), Hône-Bard (1922-1950)
(d'après JANIN)

Stations	Alt. (m)	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Ann.	Régime H = DJF
Gd St-Bernard	2476	176	157	157	215	183	139	129	138	154	178	200	173	1999	PAEH
Gressoney St J	1400	48	35	65	89	144	92	79	89	108	100	101	58	1008	APEH
Brusson	1332	31	29	39	78	99	71	64	79	89	72	68	45	764	APEH
Valpelline	950	40	34	46	67	66	50	46	55	62	69	69	46	650	APEH
Aoste	583	37	33	42	61	54	38	38	44	52	61	76	49	585	APEH
St-Vincent	575	43	26	35	76	85	69	46	36	47	75	98	61	697	APEH
St-Marcel	550	26	21	34	48	56	39	35	37	55	56	56	31	494	APEH
Hône-Bard	370	24	36	60	103	146	78	74	93	123	123	99	41	990	APEH

TABLEAU IV.- Températures mensuelles et annuelles moyennes en °C : période 1951-1963.
St Vincent (1950-1960) (d'après JANIN)

Stations	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Ann.
Gressoney St J	-4,5	-3,6	0,1	4,1	8,1	11,4	14,6	12,9	10,4	5,1	0,2	-3,1	4,3
Brusson	-4,4	-2	1,9	6,4	10,9	14,2	16,7	15,5	12,5	6,5	0,6	-2,8	6,3
Valpelline	0,6	1,9	5,2	8,6	12	14,6	16,8	16,2	13,8	9,2	4,4	1,6	8,3
Aoste	-0,7	3,0	7,1	10,6	16,1	18,9	21,5	19,5	16,0	10,5	5,3	2,2	10,4
St-Vincent	2,3	4,1	8,8	12,6	15,8	19,9	21,1	20,8	16,5	11,9	6,2	3,1	11,9

II. LES STATIONS SUR SOLS PEU EVOLUES D'EROSION

Directement issus de la roche-mère, ces sols dérivent en tout premier lieu de la désagrégation mécanique et physique de celle-ci. Le mélange avec les blocs et rocaillies originelles est étroit. Nous envisagerons dans ce paragraphe un stade lithosols (pierriers, éboulis) lié surtout aux serpentinites, puis dans le paragraphe III un stade sol initial sur prasinites (fig. 5).

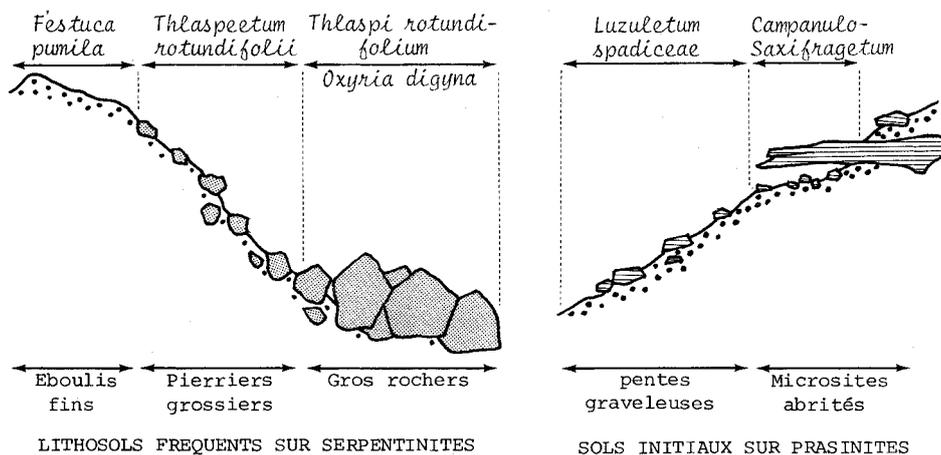


Fig.5.- Position topographique des groupements végétaux sur serpentinites et prasinites

2.1 Les éboulis de gros rochers

A l'étage alpin les roches serpentinitiques se fragmentent le plus souvent en gros blocs qui constituent d'immenses clappeys pouvant s'étendre à perte de vue, ou s'amoncellent en énormes chaos stériles au bas des pentes. Les quelques espèces rencontrées occupent des positions privilégiées, dièdres et fissures colma-

tées par un matériel fin, souvent apporté par le vent. En exposition chaude et sèche pousse *Thlaspi rotundifolium*, dans les fissures, à expositions intermédiaires s'accrochent *Primula integrifolia*, *Phyteuma Scheuchzeri*, *Lycopodium Selago*, alors que les creux humides exposés au Nord abritent *Oxyria digyna*.

2.2 Les groupements des pierriers grossiers (Lithosols de pente : S-161) (Tabl. V).

Entre la crête et les chaos serpentiniques la pente, forte, est couverte d'éboulis grossiers provenant de la fragmentation en cailloux et graviers des blocs issus des parois supérieures.

Les sols sont très superficiels, discontinus, occupant de faibles surfaces entre les blocs et les cailloux. La terre fine ne représente que la moitié de ce substrat. Le recouvrement végétal est trop peu important pour qu'une litière se dépose en surface; seuls quelques débris non décomposés s'accumulent en infimes quantités dans les creux abrités du vent et entre les blocs. C'est un sol minéral brut développé sur pente forte (30 %).

Les analyses géochimiques montrent (tabl. V-A) que la terre fine n'est que le résultat de la désagrégation physique et d'une dissolution faible apparemment congruente de presque tous les éléments hormis une légère concentration relative en Al_2O_3 et CaO. Ainsi, dans ce milieu bien drainé et aéré, à pH voisin de la neutralité (6,8 dans l'eau), la décomposition chimique apparaît fort limitée.

TABLEAU V.- Caractères géochimiques des lithosols

Stations	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	pF 600°	Total
S 161- <i>Thlaspeetum rotundifolii</i>											
Roche mère	41	3,3	9,4	0,10	33	1	<0,05	<0,05	0,4	10,39	98,59
Terre fine	38	3,7	8,5	0,14	30	1,6	0,1	0,1	0,4	10,25	92,79
Rapports moléculaires	SiO ₂ /MgO		SiO ₂ /CaO		SiO ₂ /Al ₂ O ₃		SiO ₂ /Fe ₂ O ₃		SiO ₂ /R ₂ O ₃		
Roche mère	0,83		38,28		21,15		11,63		7,50		
Terre fine	0,85		22,16		17,46		11,92		7,08		

A - Lithosols de pente

Stations	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	pF 600°	Total
S 122- Grpt à <i>Festuca pumila</i>											
Terre fine	39	3,5	9,4	0,14	32	2,3	0,1	0,15	0,3	12,38	99,77
P 135- Grpt à <i>Festuca pumila</i>											
Roche mère	50	16,5	9,4	0,14	7,3	7,5	3,5	0,3	1,3	3,38	99,32
Terre fine	46	16,1	10,1	0,16	8,2	6,5	3,1	0,45	1,6	7,06	99,27
Rapports moléculaires	SiO ₂ /MgO		SiO ₂ /CaO		SiO ₂ /Al ₂ O ₃		SiO ₂ /Fe ₂ O ₃		SiO ₂ /R ₂ O ₃		
P 135-											
Roche mère	4,56		6,22		5,15		14,18		3,78		
Terre fine	3,74		6,6		4,87		12,15		3,47		

B - Lithosols de crête

La capacité d'échange (tabl. VI-B) est très faible et le complexe échangeable se situe à un taux très bas (moins de 1 m.e. pour chacun des ions dosés, même le magnésium). Cependant le complexe d'altération est saturé et ne comporte que des doses très minimes d'Al échangeable. L'altération commençante se manifeste par l'exsudation du fer qui accompagne la microdivision du matériau et qui est plus rapide semble-t-il sur serpentinites que sur prasinite. Cette observation manifeste l'altération différentielle des péridots.

Une végétation très lâche et typique d'éboulis colonise ces espaces graveleux bien que peu d'espèces composent le groupement : outre les caractéristiques (tabl. VII) *Thlaspi rotundifolium* et *Cerastium latifolium*, les plus fréquentes restent *Saxifraga oppositifolia* et surtout *Festuca violacea*, compagne à large répartition apparaissant très vite parmi les espèces pionnières de pelouses. Très fré-

quent sur les milieux serpentiniques à exposition diverse, le groupement se développe plus rarement sur prasinites et s'y localise en exposition chaude.

TABLEAU VI.- Caractères physico-chimiques des lithosols et des sols initiaux

Sols	Stations	Terre fine %	Humid. % (1)	Granulométrie %						Matière organique			
				SG	SF	S	LG	LF	L	A	C %	N %	C/N
Lithosol de pente	S 161- <i>Thlaspeetum rotundifolii</i>	54	0,53	37,1	16,6	53,7	13,9	22	35,9	5,3	0,41	0,0175	23,4
Lithosol de crête	S 122 } Grpt à <i>Festuca pumila</i>	43	0,9	51,6	20,3	71,9	8,2	14,8	23	4,7	1,58	0,070	22,6
	P 135 }	53	1,06	49,4	14,6	64	9,9	14,2	24,1	4,3	1,56	0,080	19,5
Sol initial	P 147- <i>Campanulo-Saxifragetum</i>	36	0,7	52,7	23,9	76,6	10,3	5	15,3	3,2	1,06	0,063	16,8
	P 139- <i>Luzuletum spadiceae</i>	76	0,76	41,8	21,1	62,9	11,2	13,3	24,5	4,7	0,51	0,03	17

(1) Sol séché à l'air.

A - Physique et matière organique des sols

Sols	Stations	Bases échangeables en m.e. (1)								T	V ₇	Al ⁺⁺⁺ e. m.e.	Fe libre % (2)	Al libre % (2)
		Eau	K Cl	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Mn ⁺⁺	S	PH 7					
Lithosol de pente	S 161- <i>Thlaspeetum rotundifolii</i>	6,86	6,02	0,0096	0,99	0,89	0,03	1,89	1,89	100	0,55	10,3	0,64	
Lithosol de crête	S 122 } Grpt à <i>Festuca pumila</i>	6,45	5,69	0,016	3,15	0,86	0,05	4,03	4,03	100	0,55	11	0,9	
	P 135 }	5,73	4,45	0,064	2,25	0,13	0,064	2,45	2,86	85	6,66	4,1	2	
Sol initial	P 147- <i>Campanulo-Saxifragetum</i>	7,55	7,48	0,09	7,24	0,31	0,09	7,65	7,35	100	1,33	6,48	0,9	
	P 139- <i>Luzuletum spadiceae</i>	5,76	4,30	0,0096	0,98	0,11	0,02	1,1	1,45	76	3,22	4,99	2,5	

(1) K⁺ extraction à pH 7 par l'acétate d'NH₄; autres cations extraction K Cl au pH du sol

(2) Extraction méthode mixte.

B - Chimie des sols

2.3 Les groupements pionniers des sols de décomposition sur place de la roche-mère (Lithosols de crête : S 122 - P 135) (tabl.V).

Les roches serpentiniques et plus rarement les prasinites donnent aussi naissance à un autre type de désagrégation, très localisé et peu fréquent. Certains dômes de serpentinites schisteuses, dégagés et façonnés par l'érosion glaciaire subissent une décomposition en place. La pente, toujours faible, n'excède guère 10 à 15 % et la désagrégation se limite à l'étroite couronne sommitale dégagée. La roche altérée se délite en fines plaquettes et éléments peu épais car sans cesse déblayés par les vents et donne naissance à un sol minéral brut, mince et sableux. Ces "éboulis" de sommet présentent l'avantage, de par leur position topographique, de ne pas subir les contaminations par éboulement ou lessivage des milieux voisins.

Comme précédemment, ce sont des sols minéraux, discontinus, le plus souvent disposés sur des microreplats. L'épaisseur reste toujours très faible (2 à 3cm). Le délitage sur place de la roche, combiné à l'érosion éolienne, fournissent peu de terre fine (40 à 50 %) essentiellement de nature sableuse (65 à 70 %) (tabl. VI-A).

Les analyses géochimiques (tabl. V -B) montrent une faible évolution avec une stabilité marquée du titane, magnésium et fer. Le calcium tend à s'éliminer préférentiellement.

Du point de vue chimique (tabl.VI-B), dans ce sol bien drainé et sec, la teneur en bases reste faible mais montre un léger accroissement par rapport aux pierriers précédents. Le calcium domine très largement les bases échangeables même sur serpentinites. Le magnésium total très abondant n'est pas facilement libéré ou très faiblement fixé sur le complexe d'échange encore très peu exprimé. L'évolution de la terre fine montre un début d'acidification et aluminisation sur prasinites et par contre une "ferruginisation" plus marquée sur serpentinites, comme au stade précédent.

Sur ces milieux (tabl. VII) de pente un peu moins forte, les principales caractéristiques du *Thlaspeetum* régressent : *Thlaspi rotundifolium* est rare, *Cerastium latifolium* absent. Par contre, alors que *Linaria alpina*, espèce caractéristique des *Thlaspeetea rotundifolii* Br. Bl. 1947 acquiert une grande présence, apparaît un contingent d'espèces nouvelles et différentielles affines des pelouses graveleuses xérophiles et ventées. Le groupement constitue un gazon maigre, très clairsemé, sans individualité floristique marquée. Il renferme une majorité de plantes de tendance xérophile (*Festuca pumila*, *Minuartia verna*, *Saxifraga aizoon*), thermophile (*Helianthemum alpestre*, *Thymus polytrichus*, *Sesleria coerulea*, *Carex sempervirens*)

TABLEAU VII.- Evolution des groupements pionniers sur serpentinites et prasinites

	THLASPEION ROTUNDIFOLII														ANDROSACION ALPINAE						
	Thlaspeetum rotundifolii					Festuca pumila					Campanulo-saxifragetum				P	P	P	P	P		
Roche mère	S	S	S	S	P	S	S	S	S	S	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
N° Relevé	159	160	161	162	143	122	119	154	155	158	135	146	147	148	139	140	141	142	136		
Exposition	NW	W	SW	SW	S	S	N	SE	E	SW	S	SW	SW	SW	SW	SW	SW	S	SW		
Pente %	10	15	35	30	20	5	20	15	20	15	15	30	25	25	30	35	40	20	15		
Recouvrement %	5	5	5-10	5-10	10	5	10	5-10	5	5	10	10	10	10	10-15	15	10-15	5-10	20		
Altitude en mètres	2630	2650	2680	2700	2780	2505	2505	2525	2530	2535	2690	2735	2730	2725	2715	2740	2750	2760	2695		
C.I.O. THLASPEETEA et THLASPEETALIA																					
<i>Linaria alpina</i>			+	+	1	+	+	+	+	+			+	+					+	+	
<i>Arabis alpina</i>					1								+								
<i>Poa minor</i>	+	+	+																		
<i>Hutchinsia alpina</i>	+				+																
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	+	+	+	+											+						
<i>Doronicum grandiflorum</i>					+										1	1	1				+
<i>Achillea atrata</i>															+						
Caract. Assoc. THLASPEETUM ROTUNDIFOLII																					
<i>Thlaspi rotundifolium</i>	1	1	1	1	+			+		+				+					+		
<i>Cerastium latifolium</i>	1	1	1	1	+														+		
<i>Festuca rupicaprina</i>					+														+		
Esp. du Grpt. à Festuca pumila																					
<i>Festuca pumila</i>					+	+	+	1	1	1	+										
<i>Minuartia verna</i>						+	+	+	+	+	+										
<i>Draba aizoides</i>						+					+										
<i>Gentiana orbicularis</i>						+					+										
<i>Salix serpyllifolia</i>											+										
<i>Helianthemum alpestre</i>						+	+				+										
<i>Elyna (=Kobresia) myosuroides</i>						+					+										
<i>Saxifraga aizoon</i>					+	+	+				+									1	
<i>Carex sempervirens</i>						+	1				+										
<i>Senecio uniflorus</i>					+						+										
<i>Silene longiscapa</i>											+										
- <i>exscapa</i>											+										
<i>Thymus polytrichus</i>						+	+				+									+	
<i>Aster alpinus</i>						+					+										
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>											+										
Caract. Assoc. CAMPANULO-SAXIFRAGETUM																					
<i>Campanula cenisia</i>												+	+	+							
<i>Achillea nana</i>												+	+	+							
<i>Pedicularis asplenifolia</i>												+	+	+							
<i>Taraxacum alpinum</i>												+	+	+							
O. ANDROSACETALIA																					
<i>Poa laxa</i>																					
<i>Ranunculus glacialis</i>																					
<i>Cardamine resedifolia</i>																					
Caract. Assoc. LUZULETUM SPADICEAE																					
<i>Luzula spadiosa (=alpino-pilosa)</i>															1	2	1	+	1		
Esp. des SALICION HERBACEAE																					
<i>Chrysanthemum alpinum</i>																					
<i>Sedum alpestre</i>																					
<i>Onopeltium supinum</i>														+							
<i>Poa vivipara</i>																					
<i>Geum montanum</i>																				1	
Compagnes principales																					
<i>Festuca violacea</i>	+	+	1	1	+	+					+	+	1	1	+	+	+	+			
<i>Saxifraga moschata</i>	+	+				+					+										
<i>Ligusticum mutellinoides</i>											+										
<i>Campanula Scheuchzeri</i>																					
<i>Myosotis alpestris</i>																					
<i>Minuartia sedoides</i>					+																
<i>Senecio Incarnus</i>											+										
<i>Sempervivum montanum</i>																					
<i>Pedicularis rhoetica</i>																					
Autres espèces rencontrées : <i>Dryas octopetala</i> , <i>Sesleria coerules</i> (+) S.119, <i>Biscutella loevigata</i> (+) S.154, <i>Galium helveticum</i> (+) S.155, <i>Trifolium Thalii</i> , <i>Lotus alpestris</i> , <i>Erigeron alpinus</i> (+) P.135, <i>Euphrasia minima</i> , <i>Cardamine resedifolia</i> (+) P. 146, <i>Galium tenue</i> (+) P.148, <i>Luzula spicata</i> (+) P.141.																					

et affectionnant les lieux ventés de haute altitude (*Draba aizoides*, *Senecio uniflorus*, *Elyna spicata*). Ce type de groupement est sensiblement identique à ceux observés par BRAUN-BLANQUET (1921) sur les sommets des environs de Zermatt à l'Ober Rothorn et au Gornergrat. Cette pelouse à *Festuca pumila* est répandue dans les Alpes occidentales où elle assure souvent la liaison, sur les terrains calcaires, entre le *Thlaspeetum* et les pelouses du *Seslerietum caerulea*. Nous l'avons décrite en Queyras (VERGER, 1974) et rattachée au *Seslerieto-Avenetum montanae*; BRAUN-BLANQUET (1921) considère ces gazons comme une sous-association du *Seslerietum*. Plus récemment ZOLLITSCH (1966) analysant les associations alpines d'éboulis sur calcschistes des Alpes centrales a constitué l'alliance nouvelle du *Drabion hoppeanae*.

Par la présence de quelques espèces (*Draba aizoides*, *Gentiana orbicularis*, *Salix serpyllifolia*; *Helianthemum alpestre*, *Elyna* (= *Kobresia*) *myosuroides*) nous avons pensé rapprocher notre groupement de la sous-association *Kobresietosum myosuroidis* du *Drabo-Saxifragetum* Br. Bl. 1948 et Zollitsch 1966. Cependant l'absence, dans les relevés actuellement réalisés des principales espèces caractéristiques (*Draba hoppeana*, *Saxifraga rudolphiana*, *Pedicularis asplenifolia*) jointe aux valeurs relativement basses du pH (5,75 à 6,45) ne permettent pas de rattacher de façon formelle nos observations à celles de ZOLLITSCH. Aussi, pour l'instant, considérerons nous simplement la pelouse graveleuse à *Festuca pumila* comme transitoire entre le *Thlaspeetum rotundifolii* et l'échelon terminal du *Seslerietum coeruleae*. Elle se localise presque exclusivement sur serpentinites et n'apparaît, de façon plus fragmentaire, qu'en exposition chaude sur prasinites.

III. LES SOLS INITIAUX

Bien que très proches encore de la roche-mère une évolution chimique plus marquée vient s'ajouter à la décomposition mécanique prédominante sous l'influence d'une végétation moins clairsemée. Ces sols prennent naissance sur les éboulis de prasinites de deux façons différentes :

- du fait de leur texture faiblement schisteuse, les roches se délitent en épaisses et larges dalles parfois imbriquées et redressées abritant des microsites de terre fine;

- le plus souvent, et autour de ces microsites, les dalles s'ennoient sur les pentes en enserrant des lambeaux de sols graveleux directement exposés aux agents climatiques.

Les microsites correspondent à des poches ou microreplats de faible inclinaison (0 à 10 %) alors qu'ils se situent sur une pente générale de 25 % et plus. A ces deux topographies particulières correspondent des associations distinctes : le *Campanulo-Saxifragetum* des microsites cotoie le *Luzuletum spadiceae* des pentes.

Au point de vue physico-chimique (tabl. VI) on observe des sols initiaux plus profonds et souvent plus fins sur les pentes non abritées. Le sol protégé des microreplats, très grossier, caillouteux, est pauvre en terre fine (36 %). Celle-ci est essentiellement de nature sableuse, les fractions les plus fines (limons fins 5 % - argiles 3,2 %) étant de loin les plus faibles de celles des sols initiaux. A proximité, le sol de la pente se caractérise par son aspect graveleux, sa plus grande richesse en éléments fins (avec 76 % de terre fine, c'est le moins grossier des sols initiaux) et sa plus grande profondeur (20 cm). Par rapport au sol précédent, il présente une différenciation limoneuse plus élevée et sableuse plus faible. Le complexe absorbant indique ici une tendance très marquée à l'acidification qui n'apparaît pas du tout dans les profils sous dalle. Cette acidification s'exprime par le lessivage du Ca^{++} et un peu plus d'Al échangeable.

L'évolution comparée des éléments totaux de la terre fine (tabl. VIII) vérifie ce lessivage préférentiel du Ca dans les stations de pente à l'air libre.

Les associations accusent très nettement la divergence. Le groupement individualisé des microsites se rapporte au *Campanulo-Saxifragetum* OBERD., 1959 observé par ce dernier au Cervin et au col de l'Iseran (tabl. VII). Il se caractérise par la présence d'*Achillea nana*, *Taraxacum alpinum* et surtout *Campanula coenisia* et *Pedicularis asplenifolia*, espèce du *Drabion Hoppeanae*, Br. Bl. et Zoll. 1966. Sur ces sols, la désagrégation physique reste essentielle, mais il s'y ajoute une libération chimique qui intéresse tous les éléments (tabl. VI); neige et pluie ne peuvent assurer un lessivage important, même des cations échangeables, d'où le maintien sous climat alpin, dans ce contexte topographique particulier, d'un pH franchement alcalin. Au contraire, le sol du *Luzuletum spadiceae* est acide et les plantes acidophiles de pelouse ouverte, pratiquement absentes des précédents groupements apparaissent plus fréquemment (tabl. VII) : *Pedicularis rhoetica*, *Campanula scheuchzeri*, *Geum montanum*, *Senecio Incanus*. Mais le fond de la végétation est constitué des chionophiles acides : *Chrysanthemum alpinum*, *Gnaphalium supinum*, *Ranunculus glacialis*, *Cardamine resedifolia* et surtout *Luzula spadicea* qui possède le plus fort degré de recouvrement et caractérise l'association. Le contraste est évidemment frappant avec le milieu contigu du *Campanulo-Saxifragetum*; ce dernier groupement n'occupe qu'une position transitoire et l'évolution naturelle mènera au *Luzuletum spadiceae*. Il semble que dans son sol bien drainé les cations soient pratiquement éliminés du milieu de leur libération par les eaux pluviales et la neige.

TABLEAU VIII.- Caractères géochimiques des sols initiaux

Station	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	pF 600°	Total
P. 147											
Roche mère	48	16,2	8,7	0,14	6,8	9,2	3,8	0,35	1,3	4,75	99,24
Terre fine	51	13,6	6,7	0,14	5,8	6,9	1,8	1,7	1,2	9,53	98,37
Rapports moléculaires	SiO ₂ /MgO	SiO ₂ /CaO	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃						
Roche mère	4,70	4,87	5,03	14,7	3,75						
Terre fine	5,89	6,89	6,37	20,3	4,85						

A - Sol du *Campanulo-Saxifragetum*

Station	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	pF 600°	Total
P. 139											
Roche mère Pr. 147	48	16,2	8,7	0,14	6,8	9,2	3,8	0,35	1,3	4,75	99,24
Terre fine	49	16,7	9,6	0,15	7	5,8	4,2	0,45	1,7	4,7	99,30
Rapports moléculaires	SiO ₂ /MgO	SiO ₂ /CaO	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /R ₂ O ₃						
Roche mère Pr. 147	4,70	4,87	5,03	14,7	3,75						
Terre fine	4,66	7,88	4,99	13,6	3,65						

B - Sols du *Luzuletum spadiceae*

CONCLUSIONS

1.- A l'étage alpin et sous le climat relativement sec du Val d'Aoste, les éboulis bien drainés des roches serpentiniques ferro-magnésiennes présentent une altération chimique limitée à l'exsudation du fer qui n'entraîne aucun effet sélectif vis-à-vis de la végétation. Cette libération rapide est sans doute à l'origine de la ferrugination observée soit expérimentalement (PEDRO-BITAR, 1966) soit in situ (BERRE, 1970) lors de l'altération des roches ultra-basiques. La végétation pionnière des stades initiaux n'a alors aucun caractère stationnel et se rattache à l'alliance du *Thlaspeion rotundifolii*.

2.- La divergence stationnelle entre serpentinites et prasinites, roches calcomagnésiennes et alumineuses se marque assez rapidement au fur et à mesure du développement d'une pédogénèse initiale. Sur prasinites le calcium est facilement libéré et entraîné et on observe une désaturation rapide du complexe absorbant et une acidification avant même toute action importante de la végétation. Quand les conditions stationnelles, microtopographiques notamment (sur prasinites), permettent un développement suffisant du profil initial (pentes non abritées) cette tendance à l'acidification s'intensifie et se marque par une opposition dans les associations : *Luzuletum spadicea* acidophile et *Campanulo-Saxifragetum* basophile.

3.- Nous retrouverons ultérieurement précisée cette divergence d'évolution entre prasinites et serpentinites notamment dans les sols aérés de pelouses alpines. Les serpentinites se comportent en milieu riche en fer et eutrophe, les prasinites subissent une certaine argilisation et une débasification qui provoque une acidification. Il s'ensuit une différenciation progressive des climax, les premières portant plutôt un *Curvuletum elynetosum* alors que le *Curvuletum typicum* recouvre plus facilement les secondes. Ainsi donc, à l'étage alpin, les serpentinites se comportent donc comme en milieu très eutrophe, voire même calcicole, alors qu'elles sont en fait presque dépourvues de calcium.

4.- Dans la plupart des cas et principalement en plaine le terme de "serpentinite" fait penser à une végétation particulière. Il n'en est rien pour nos relevés et nos observations rejoignent celles de VACCARI (1903) reprises et complétées par GAMS (1975);

- "les pelouses alpines (*Nardeta*, *Festuceta violacea*, *Alopecureta Gerardi*) des secteurs grecs et du domaine alpin ne semblent contenir aucune espèce ophiolithophile" (GAMS, 1975);
- "les éboulis et pelouses graveleuses ne révèlent aucun groupement particulier dans les Alpes Graies orientales (partie sud du Val d'Aoste). Tout au plus, VACCARI (1903) note des formes particulières de *Saxifraga moschata* var. *intermedia* forme *glabra* et de *Saxifraga oppositifolia* var. *Murithiana* forme pubescens que nous n'avons pas retrouvé dans nos groupements à ce jour.

BIBLIOGRAPHIE

- BRAUN-BLANQUET (J.) 1921.- Observations sur la végétation et sur la flore des environs de Zermatt. II. Le Gornergrat et les Rothörner de Findelen. *Bull. Murithienne*, 41, 30-55.
- BRAUN-BLANQUET (J.) 1954.- La végétation alpine et nivale des Alpes françaises SIGMA n°125- Montpellier.
- BRAUN-BLANQUET (J.) 1961.- La végétation des vallées sèches à l'intérieur des Alpes et son origine-SIGMA n°156.
- BRAUN-BLANQUET (J.) 1948-1950.- Übersicht der Pflanzengesellschaften Rätiens I-VI. *Vegetatio*, I-II.
- BRAUN-BLANQUET (J.) et JENNY (H.) 1926.- Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der Zentralalpen. *Schweiz. Naturforsch. Gesell. Bd. LXIII - Abh. 2.*
- BARBERO (M.) et BONO (G.) 1967.- Groupements des rochers et éboulis siliceux du Mercantour-Argentera et de la chaîne ligure. *Webbia*, 22, 437-467.
- BERRE (A.) 1970.- Contribution à l'étude pétrochimique de quelques serpentinites et des sols dérivés en climat tempéré. Thèse de 3e cycle. Poitiers. 104 p.
- BOTTNER (P.) 1971.- La pédogénèse sur roches-mères calcaires dans une séquence bioclimatique méditerranéo-alpine du Sud de la France. Thèse C.N.R.S. n°A O 4083. Montpellier, 271 p.
- DIEHL (E.) 1938.- Geologisch-petrographische Untersuchung der Zone de Grand Combin in Val d'Ollomont. *Bull. Suisse Min. Pétro.*, 18-214.
- DUVIGNEAUD (P.) 1966.- Note sur la biogéochimie des serpentinites du S.W. de la France. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique*, t.99, 2.
- GAMS (H.) 1975.- Veirgleichende Betrachtung europäischer Ophilith-Floren. *Separatdruck aus Veröffentlichungen des Geobot. Inst. ETH Stützung Rüble - Zurich* 55, 117-140.
- JANIN (B.) 1968.- Une région alpine originale : le Val d'Aoste - Tradition et renouveau. Impr. Allier, Grenoble.
- KALKOWSKY (E.) 1886.- Elemente der Petrographie. p.217. Heidelberg.
- KRAUSE (W.) 1958.- Andere Bodenspezialis-
ter. *Handbuch der Pflanzenphysiologie*. pp. 755-806.
- LABROUE (L.) 1976.- Etude écologique des sols alpins du Pic du Midi de Bigorre. Thèse n°717. Toulouse 202 p.
- LEGROS (J.P.) et CABIDOUCHE (Y.M.) 1977.- Les types de sols et leur répartition dans les Alpes et les Pyrénées cristallines. *Doc. Cart. Ecol. XIX*, 1-19.
- MONTCOUYOUX (A.) 1976.- Recherches microbiologiques sur quelques sols d'altitude. Application de la méthode des lames enfouies. Thèse de 3e cycle, Univ. Scient. et Méd. de Grenoble. 122p.
- NICOLAS (A.) 1966.- Etude pétrochimique des roches-vertes et de leurs minéraux entre Dora Maira et Grand Paradis. Thèse Fac. Sci. Grenoble.
- OBERDORFER (E.) 1959.- Borstgras und Krummseggenrasen in den Alpen. *Beitr. Naturk. Forsch. SW. Deutschl.*, 117-143.
- PEDRO (G.) et BITAR (Ke.) 1966.- Sur l'influence du type chimique de la roche-mère dans les phénomènes d'altération superficielle : recherches expérimentales sur l'évolution des roches ultrabasiques (serpentinites). *C.R. Ac. Sc. Paris*, t. 263, pp. 313-316.
- PEYRONNEL (B.) 1963.- Escursione della societa botanica italiana in Val d'Aosta. *Bull. Soc. Bot. Italiana*, 183-196.
- VACCARI (L.) 1903.- La flore de la Serpentine du calcaire et du gneiss dans les Alpes Graies orientales. *Bull. Soc. Flore Valdot. Aoste*, 2.
- VALLET (J.M.) 1950.- Etude géologique et pétrographique de la partie inférieure du Val d'Hérens et du Val d'Hérémente. *Bull. Suisse de Min. et Pétro.* vol. 30, f. 2.
- VERGER (J.P.) 1974.- Sol et végétation de l'étage alpin sur schistes lustrés et roches vertes en Queyras (H.A.). Thèse de 3e cycle. Univ. Scient. et Méd. de Grenoble. 131p.
- VUAGNAT (M.) 1951.- Le rôle des roches basiques dans les Alpes. *Schw. Min. Petr. Mitt.* vol. 31, pp. 309-22.
- ZOLLITSCH (B.) 1966.- Soziologische und ökologische Untersuchungen auf Kalkschiefern in hochalpinen Gebieten. *Ber. der Bayerischen Bot. Ges.* XL.