

## Evolution granulométrique des solums et action sur la végétation

Exemple en Val d'Aoste sur roches ultrabasiques  
basiques et acides

J.P. VERGER<sup>(1)</sup>

### RESUME

La méthode des trajets granulodynamiques (LEGROS, 1982) et des aires granulométriques (VERGER, 1987) permet de mettre en évidence la spécificité de l'évolution granulométrique sur roche acide (gneiss), basique (prasinites) et ultrabasique (serpentinites).

Sous le climat sec de montagne du Val d'Aoste, dans un contexte d'argilisation modérée, les sols sur serpentinites se différencient de plus en plus nettement, de l'étage Montagnard à l'étage Alpin, de ceux sur prasinites et gneiss. Cette évolution traduit l'action prédominante de la variation altitudinale sur la microdivision des roches ultrabasiques. L'altérabilité de ces dernières est maximale sous les contrastes bioclimatiques de l'étage Alpin. Elle s'exprime par la différenciation d'associations végétales spécifiques (*Fimbrietum*, *Saxifragetum androsaceae*) et d'associations se rapportant à la série neutro-basophile des *Seslerietalia*.

Les prasinites basiques manifestent un comportement voisin de celui des gneiss acides.

**MOTS CLEFS** : Evolution granulométrique - Serpentine, Prasinite et Gneiss - Sols - Végétation - Alpes Pennines.

### HORIZONS GRAIN-SIZE DISTRIBUTION IN SOIL ON ULTRABASIC, BASIC AND ACID ROCKS ACCORDING TO THE DIFFERENT LEVELS « VALLE D'AOSTA » (ITALY) WITH CONSEQUENCES ON VEGETATION

Valle d'Aosta is an Italian intra-alpine valley. Oceanic influences are here very reduced. « Valle d'Aosta » has a dry climate.

In this article, we proposed to study the soils through granulodynamic trajectories on their horizons (LEGROS, 1982, fig. 1 à 4) and granulodynamic areas (VERGER, 1987, fig. 5) observed in the triangular diagram of soil texture. The corresponding curves are observed on serpentines, prasines and gneiss. Because of the variety of rocks and different local climates (mountainous, sub-alpine and alpine levels), there is also a large variety of vegetation.

Granulodynamic trajectories are short on mountainous level (fig. 2). The vegetation growing on these soils belongs to *Deschampsio-Pinetum sylvestris* on serpentines, prasines and gneiss.

On subalpine and alpine levels, granulodynamic trajectories are more expanded (fig. 3 et 4). Breakings up of soil skeleton, with silt and clay, is more developed on serpentines (fig. 5a). Fragmentation, together with the translocation and dissolution phenomena, affect podzolic soils on prasines and gneiss (fig. 3 and 4). There is also a smaller part of silt and clay (fig. 5b and c). On subalpine level, *Larix decidua* reaches its ultimate stage of development. Podzolic

(1) Laboratoire de Biologie Végétale - Faculté des Sciences - 123, avenue Albert-Thomas, 87060 LIMOGES CEDEX.

soils are favourable to the *Picea* and *Pinus cembra* on prasines and gneiss.

Under the « Valle d'Aosta » alpine climate, acidophilous vegetation grows on prasines and gneiss (*Caricetalia curvulae*). On serpentinic soils the vegetation belongs to *Seslerietalia* group. Where magnesium prevails, particular groups develops (*Caricetum fimbriatae*, *Saxifragetum androsaceae*).

**KEY WORDS** : Horizons grain-size distribution - Serpentine, Prasine and gneiss - Soils - Vegetation - Pennine Alps.

## INTRODUCTION

L'objet principal de ce travail est l'étude de l'évolution granulométrique de divers matériaux soumis à différentes conditions bioclimatiques et leurs relations avec la pédogenèse et la végétation.

L'analyse des résultats permet de préciser la spécificité de cette évolution sur ultrabssites en la comparant à celle d'une roche basique et d'une roche acide placées dans des environnements analogues ou suffisamment proches pour ne pas modifier de façon décisive les résultats. Notre travail se limitera volontairement aux seules relations roche-granulométrie-végétation. Les caractéristiques chimiques des sols formés et leurs conséquences sur le tapis végétal, qui font l'objet d'un long développement dans notre thèse (VERGER, 1987), ne seront pas abordées ici.

Selon DUVIGNEAUD (1966) « les serpentines devraient donner naissance à une gamme très variée de sols zonaux » lorsqu'elles sont exposées à divers climats à la surface de la terre. La désintégration mécanique, souvent prépondérante dans la pédogénèse, surtout en régions froides ou tempérées (DUVIGNEAUD, 1966), conduit cependant à des sols de texture fort différente selon les conditions pédoclimatiques. En milieu méditerranéen le groupe des péridodites pyroxéniques serpentinisées, dures et compactes, s'altère lentement et donne naissance à des sols superficiels et secs (DUVIGNEAUD, 1966 ; NAHAL, 1974). Dans les Alpes de la Suisse, BRAUN-BLANQUET et JENNY (1926) observent la formation d'une rendzine avec un horizon argileux.

Les sols du domaine atlantique témoignent d'une composante argileuse toujours très importante (DUVIGNEAUD) que les phénomènes d'hydromorphie accentuent (BERRE, 1970). Cette richesse en éléments fins se retrouve un peu partout dans le monde : Yougoslavie (CIRIC, 1962 dans SASAKI, 1968), Japon (SASAKI et al., 1968). La plupart de ces auteurs reprennent par ailleurs les conclusions de ROBINSON et al. (195), RONE (1953) et notent la richesse en limons des sols serpentiniques.

Cette diversité de la pédogénèse serpentinique et surtout l'absence d'études spécifiques à la haute montagne nous ont conduit à aborder ce travail sur les ultrabssites. L'analyse se fera le long d'un gradient altitudinal étage Montagnard - étage Alpin dans le contexte bioclimatique général du Val d'Aoste.

## I. CADRE GÉNÉRAL DE L'ÉTUDE

### A) LE CLIMAT

La variation des facteurs climatiques avec l'altitude dans les Alpes conditionne une succession verticale de climats qui, dans le Val d'Aoste, s'étagent des nuances subméditerranéennes dans la basse vallée jusqu'à « celles d'un climat analogue à l'artique sur les plus hauts sommets » (OZENDA, 1983).

Les trois vallées de Gressoney, Val d'Ayas et Valtournanche, font partie du secteur intra-alpin, à sécheresse relative (indice de GAMS\* compris entre 50° et 70°). Ce climat de montagne, rattaché au type piémontais, présente à la fois des caractères de continentalité (hiver sec et ensoleillé, forte amplitude thermique) et des aspects méditerranéens (creux pluviométrique estival marqué, mais sans période sèche ou subsèche). Les conditions climatologiques de l'étage Alpin et d'une large partie de l'étage Subalpin sont comparables pour les trois vallées. Aux étages Montagnard et Collinéen le Val de Gressoney, plus humide et plus froid, s'oppose aux deux autres vallées, chaudes, ensoleillées et plus sèches.

D'une façon globale cependant, la faiblesse des précipitations ne favorisera pas les processus de podzolisation.

### B) LES ROCHES

Les roches-mères sont constituées par les serpentinites ultrabasiques et les prasinites basiques. Les gneiss acides serviront de matériau de référence en raison des nombreux travaux pédologiques consacrés aux roches acides dans les Alpes (CABIDOCHÉ, 1979 ; ROBERT, CABIDOCHÉ et BERRIER, 1980 ; SOUCHIER, 1984 ; DAMBRINE, 1985).

Les serpentinites et les prasinites se répartissent en massifs qui affleurent largement dans les trois vallées aux étages Alpin et Subalpin mais manquent à l'étage Montagnard en vallée de Gressoney. Les gneiss acides prépondérants en Val de Gressoney, débordent largement aux étages supérieurs du Val d'Ayas. Le Montagnard est par contre peu représenté sur ces roches, dans cette vallée.

La composition chimique moyenne oppose ces roches (tableau I) :

Tableau I : Composition chimique comparée des Roches-Mères.  
*Chemical composition of parent rocks.*

Roche	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>
Gneiss	71,55	13,9	3,01	0,06	1,04	0,69	4,10	3,01	0,36
Prasinites	49	16,3	9	0,14	7,05	8,35	3,65	0,33	1,3
Serpentinites	39,98	2,89	9,09	0,06	34,64	2,57	0,19	0,06	

Les Gneiss sont très siliceux (70 %), riches en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (14 %) mais pauvres en fer, calcium et magnésium. Les Prasinites, appauvries en silice (50 %) constituent un pôle aluminocalcique (16 % d'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et 7 à 9 % de CaO), riche en fer (9 %) qui fournit à la pédogénèse des minéraux phylliteux (du type 2-1) chloriteux en assez grande abondance. Les Serpentinites, particulièrement pauvres en silices (40 %) représentent le pôle ultra-basique ferro-magnésium avec l'antigorite comme phyllite.

### C) LA VÉGÉTATION ET LES SOLS

Les principales caractéristiques (VERGER, 1987) sont résumées dans le Tableau II. La végétation forestière à Pin sylvestre de l'étage Montagnard se rapporte à l'association acidophile du *Deschampsio-Pinetum sylvestris*. A l'étage Subalpin les gneiss acides et les prasinites portent une pessière dans le bas de l'étage

\* L'Indice de continentalité hydrique de GAMS exprime la valeur de la cotangente de l'angle de continentalité mesuré par le rapport Précipitations en mm/Altitude en mètres.

Tableau II : Etages, sols et séries de végétation sur Serpentinites, Prasinites et Gneiss acides en Val d'Aoste (Italie).

*Levels, soils and series of vegetation on serpentines, prasines and gneiss in « Valle d'Aosta » (Italy).*

E T A G E	SERPENTINITES		PRASINITES - GNEISS		
	VEGETATION	SOLS		VEGETATION	
A L P I N	S E C	Eboulis secs	Lithosols		Eboulis secs
		Crêtes à <b>Seslérie</b> , <b>Cobresio</b> Pentes à <b>Fétuque bigarrée</b> à <b>Fétuque violette</b> à <b>Carex frangé</b> * 1	Sols brunifiés eutrophes	Sols bruns mésotrophes à sols bruns ocreux	Crêtes à <b>Carex courbe</b> à <b>Fétuque de Haller</b> Pentes à <b>Fétuque bigarrée</b> à <b>Nard</b>
	H U M I D E	Eboulis à <b>Saule réticulé</b> à <b>Saxifrage à port</b> <b>d'Androsace</b> et <b>Saxifrage de</b> <b>Seguier</b> * 2	Lithosols		Eboulis à <b>Luzule châtain</b> et <b>Oseillo des</b> <b>glaciers</b>
		Combes à <b>Saule herbacé</b> et - <b>Carex fétide</b> - <b>Carex noir</b>	Pseudogley	Stagnogley	Combes à <b>Saule herbacé</b> et - <b>Alchémille</b> - <b>Sibbaldie</b>
S U B A L P I N	<b>Azalée naine</b>	Sols bruns crypto- podzoliques	Sols ocre- podzoliques à podzoliques	<b>Azalée naine</b>	
	<b>Rhododendrons,</b> <b>Myrtilles</b>			<b>Rhododendrons,</b> <b>Myrtilles</b>	
	<b>Genévrier nain</b>	Sols bruns ocreux		<b>Genévrier nain</b>	
	<b>MELEZE</b> avec: <b>Rhododendron,</b> <b>Myrtilles</b>	Sols brunifiés	Sols podzoliques à ocre- podzoliques	<b>CEMBRO</b> <b>MELEZE</b> avec : <b>EPICEA</b> avec :	<b>Rhododendrons</b> <b>Myrtilles</b>
M O N T A G N A R D	<b>PIN SYLVESTRE</b> avec <b>Raisin d'ours,</b> <b>Myrtilles,</b> <b>Rhododendron</b>  <b>Graminées</b> <b>(canche flexueuse)</b> <b>Carex humble</b>	Sols brunifiés  eutrophes	mésotrophes à ocreux  à xeromoder	<b>PIN SYLVESTRE</b> avec <b>Raisin d'ours, Myrtilles</b>  <b>Graminées</b> <b>(Canche flexueuse)</b>	

\* Association végétale spécifique des serpentinites (1 - Fimbriletum , 2 - Saxifragetum androsaceae)

(*Piceetum subalpinum*) alors que le Pin Cembro se mêle au mélèze dans le haut (*Rhodoreto-vaccinietum cembrotosum*). Le mélèze occupe seul l'étage forestier sur serpentinites (*Rhodoreto-vaccinietum laricetosum* défini par OZENDA en 1981).

Au Subalpin supérieur, l'étage supraforestier est représenté par les groupements dominés par le Genévrier nain à l'adret, la Rhodoraie et l'Azalée naine à l'ubac.

Les groupements de l'étage Alpin appartiennent à la série classique acidophile des *Caricetalia* sur gneiss et prasinites alors que les groupements de la série netro-basophile des *Seslerietalia* recouvrent les roches ultrabasiques. Dans cette série se différencie une association végétale particulière, propre aux serpentinites : le *Fimbrietum*. *Carex frimbriata* en est l'espèce dominante et caractéristique (GUYOT, 1925 ; VERGER, 1983 ; RICHARD J.L., 1985).

Les sols sur prasinites et sur gneiss se répartissent en séquences correspondant à l'étagement altitudinal bioclimatique classique sur sol acide (sols bruns au Montagnard, sols podzoliques au Subalpin, rankers et sols bruns alpins à l'Alpin) (DUCHAUFOR, 1977 ; LEGROS et CABIDOCHÉ, 1979 ; CABIDOCHÉ, 1979 ; DAMBRINE, 1985). La podzolisation est moins marquée en Val d'Aoste qu'en vallée de Chamonix (ROBERT, CABIDOCHÉ et BERRIER, 1980).

La brunification, quel que soit l'étage, apparaît comme le processus dominant de la pédogénèse sur serpentinites. La podzolisation, lorsqu'elle apparaît, est toujours très limitée et contenue en surface du sol (VERGER, 1987).

## II. DÉMARCHE GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE

Nous avons conduit notre étude en partant des situations écologiques les plus simples (la pinède sylvestre de l'étage Montagnard commune aux trois roches en Valtournanche et Val d'Ayas) pour aboutir aux domaines les plus complexes (variation de la végétation selon la roche et la topographie à l'étage Alpin, dans les trois vallées). Nous nous sommes alors attachés à suivre, à chacun des étages bioclimatiques le comportement granulométrique des diverses roches sous les groupements végétaux reconnus (et les associations végétales qui les constituent).

La méthode d'analyse ne s'applique pas aux colluviums de type glaciaire ni aux sols anciens (LEGROS, 1982). C'est une des raisons pour lesquelles nous avons retenu uniquement les sols issus des roches en places et des éboulis stables (= sols à cycle court de LEGROS). Ce choix rend donc possible des comparaisons pédogénétiques. Ces emplacements sont très largement recouverts par la forêt aux étages Montagnard et Subalpin alors que les prairies occupent surtout les replats aux sols profonds où subsistent les dépôts glaciaires. Nous avons donc délaissé le système prairial à ces étages. A l'étage Alpin, en dehors du modèle géomorphologique, c'est l'aspect du profil pédologique qui nous a fait éliminer les relevés où persiste du glaciaire .

## III. L'ÉVOLUTION GRANULOMÉTRIQUE

### A) TECHNIQUE DE REPRÉSENTATION

#### 1. Les trajets granulodynamiques

Nous avons visualisé l'évolution granulométrique de chacun des sols selon la méthode préconisée par LEGROS (1982 et 1984). Cette méthode consiste à

reporter, dans le triangle des textures, les points correspondants aux différents horizons du profil. Ces points sont reliés par une ligne brisée en indiquant le haut du profil par une flèche. Les trajets granulodynamiques matérialisent l'interaction de la roche, du climat et du type d'évolution pédogénétique. Leur aspect, comparé à celui de modèles théoriques établis par simulation sur ordinateur, rend compte du type d'évolution : fragmentation, dissolution, influence conjointe des deux phénomènes (Fig. 1).

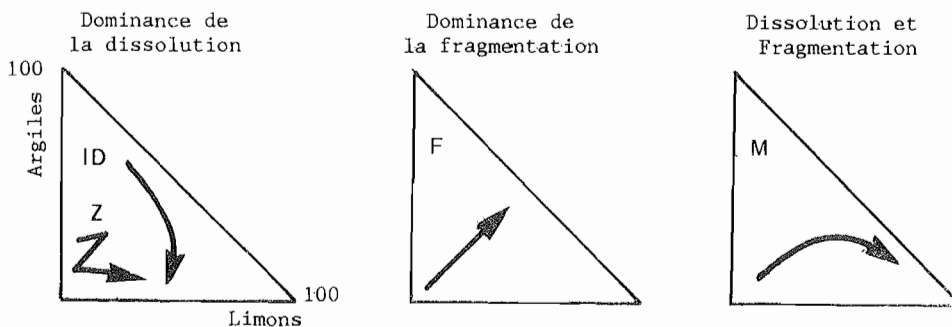


Figure 1 : Grands types de trajets granulodynamiques (d'après LEGROS, 1982).  
*Types of granulodynamic trajectories.*

## 2. Les aires granulométriques

A cette notion de trajet granulodynamique nous avons ajouté celle d'aire granulométrique. Celle-ci permet de globaliser les résultats individuels et donc de raisonner au niveau de l'étage. Elle s'obtient en joignant les points les plus externes des trajets granulodynamiques, pour chaque type de roche, à chacun des étages bioclimatiques.

L'observation des aires ainsi déterminées permet de comparer la sensibilité différentielle des trois roches aux agents de l'altération, à chacun de ces étages.

## 3. Limites de cette représentation

Les risques d'artéfacts étant nombreux, on ne peut raisonner que globalement et statistiquement.

— Quel est le pouvoir explicatif réel des modèles ? N'en existe-t-il pas d'autres ? Quel est le pouvoir discriminant de l'analyse granulométrique ?

— Un trajet granulométrique n'a de signification que s'il est assez grand... sauf en ce qui concerne la dissolution dans laquelle il est justement court. L'interprétation basée sur la seule granulométrie peut alors s'avérer discutable.

Le nombre souvent réduit de profils à chaque étage nous amène à des interprétations qui se situent parfois en limite du degré de confiance. Par contre, les conclusions générales, exprimées par les aires granulométriques et qui abordent l'ensemble des données, sont plus sûres.

## B) ÉVOLUTION A L'ÉTAGE MONTAGNARD

### 1. Les trajets granulodynamiques

Dans le contexte pédoclimatique relativement chaud et sec des sols serpentiniques de l'adret, les trajets granulodynamiques des sols 1, 2 et 3 sont essentiellement dirigés de haut en bas, en direction du pôle sable (fig. 2). Ceci traduirait l'intervention de phénomène de lavage ou de dissolution qui tend à

appauvrir l'horizon A en éléments fins (Départ de l'illuviation, d'où le nom de courbes de type ID donné par LEGROS - 1982). A l'approche du Subalpin (profil n° 4), le trajet se modifie. Il s'éloigne du pôle sable puis oblique nettement vers le haut du triangle. C'est un comportement granulodynamique (type F2 de LEGROS), caractéristique de la fragmentation.

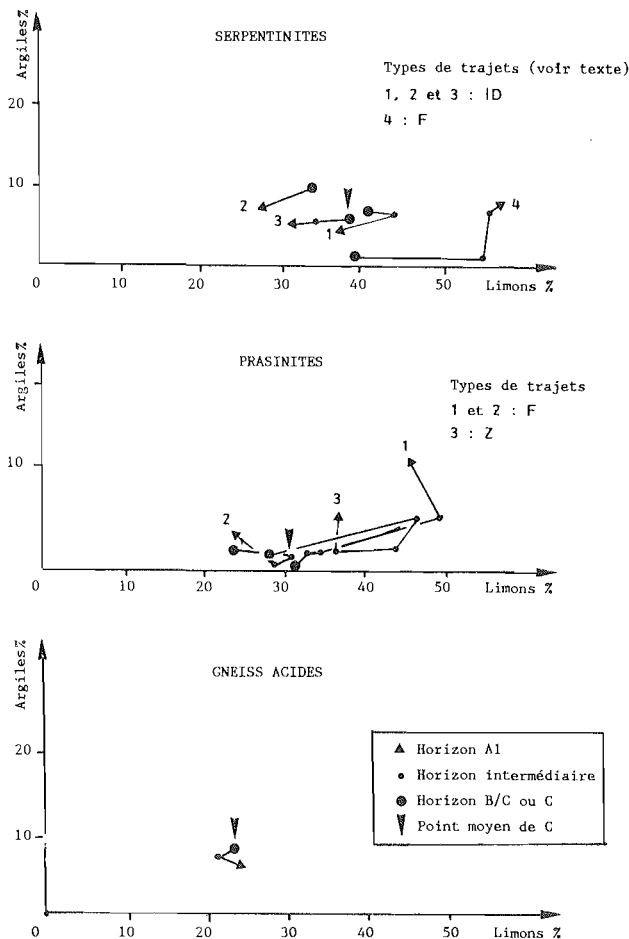


Figure 2 : Trajets granulodynamiques sous la Pinède sylvestre à Canche flexueuse à l'étage Montagnard en Val d'Aoste.

*Granulodynamic trajectories on Mountainous levels in Valle d'Aosta (Deschampsio-Pinetum sylvestris).*

Les comportements granulodynamiques sur Prasinites reflètent deux tendances. Le trajet 1 se rapproche du trajet 4 décrit sur Serpentinites (type F2). Il traduit l'action prépondérante des phénomènes de fragmentation. Les trajets 2 et 3 présentent un comportement nouveau, avec un parcours enroulé sur lui-même (courbe de type Z). Dans ces sols, apparentés aux sols de la séquence podzolique, les phénomènes de dissolution interviennent de manière appréciable en même temps que la fragmentation.

Le seul profil analysé sur Gneiss acide montre un trajet granulodynamique réduit, à « entre-nœuds » courts. Il matérialise un sol peu différencié au plan textural, donc à une transformation limitée du squelette. Son intérêt est réduit pour notre étude.

Globalement, on remarque que les trajets granulométriques restent réduits à l'étage Montagnard sur les trois roches. Les phénomènes d'appauvrissement, faibles, et de fragmentation dominant sur les ultrabasites (sols de type brunifié eutrophe). La fragmentation, mais aussi la dissolution, agissent sur les Prasinites basiques (sols de type ocreux).

La granulométrie moyenne des horizons « C » se rapproche de plus en plus du pôle sable, en allant des ultrabasites vers les roches acides. La granulométrie de cet horizon est donc de plus en plus proche de celle de la roche initiale (simple désagrégation selon LEGROS).

## 2. Les aires granulométriques

Les aires granulométriques (fig. 5a) se recouvrent presque intégralement en ce qui concerne les Serpentinites et les Prasinites. Celle de la roche acide est faiblement déjetée vers les sables. L'argilisation, très modérée, ne traduit aucune différence majeure entre les substrats basique et ultrabasique. Sur ce dernier, c'est le sol en limite du Subalpin qui s'avère responsable de l'étirement de l'aire granulométrique vers les fractions fines limoneuses.

A cette relative concordance des aires granulométriques correspond un seul paysage forestier : la Pinède sylvestre à Canche flexueuse.

## C) ÉVOLUTION A L'ÉTAGE SUBALPIN

### 1. Les trajets granulodynamiques (fig. 3)

Sur serpentinites, les processus de fragmentation dominant sous le Mélézin (trajets n° 6), avec un déplacement de C vers B orienté vers le haut du triangle. L'appauvrissement de B vers A reste discret sous ces sols brunifiés. Le passage au sol (3) de la lande sèche à Genévrier et Raisin d'ours montre un trajet ascendant de C vers A. Il traduit une altération encore limitée puisque l'on passe de 15 à 20 % d'argile. L'élément le plus remarquable est la rapidité de ce phénomène, avec transition de la roche massive à un horizon B/C très limoneux (60 %). Les trajets des sols de la lande humide (1 et 2) sont du type Z (1) ou de tendance linéaire F1 (2). Fragmentation importante et dissolution probable des particules microdivisés semblent devoir caractériser ces sols bruns au plus cryptopodzoliques.

Les profils sur les roches basiques traduisent une homogénéité certaine entre ces sols quant à leur comportement granulodynamique. A l'exception d'un profil sous la pessière (n° 5\* de type F remontant vers le pôle argile) tous présentent des trajets irréguliers, repliés sur eux-mêmes (type Z), qui caractérisent fréquemment les sols ocreux podzoliques et les podzols. Ces trajets traduisent l'intervention des phénomènes de dissolution mais leur longueur et leur orientation vers le haut du schéma révèle une fragmentation dominante quoique limitée.

Les trajets granulodynamiques des Gneiss acides présentent des caractères très voisins de ceux des Prasinites et la fragmentation reste dominante. Les trajets, plus nettement de type Z, montrent un caractère podzolique plus accusé.

Globalement on observe donc plusieurs phénomènes :

— Au niveau de l'altération, la fragmentation apparaît comme l'élément dominant, mais l'irrégularité des trajets, leur orientation éventuelle vers la gauche du parcours et la faible longueur des segments révèle la dissolution ou l'appauvrissement en matériel fin.



— La végétation se modifie avec la nature du processus pédogénétique dominant. La fragmentation et la brunification prédominent sous le mélèzin établi sur Serpentinites. La pessière, liée aux deux autres roches, recouvre des sols podzolisés.

— L'intensité d'un processus pédogénétique ne modifie pas fondamentalement les grandes lignes du couvert végétal (mais il en va différemment dans le détail). La rhodoraie et la lande à Azalée naine recouvrent aussi bien les sols peu podzolisés des ultrabasites que ceux à podzolisation marquée sur les roches basiques et acides.

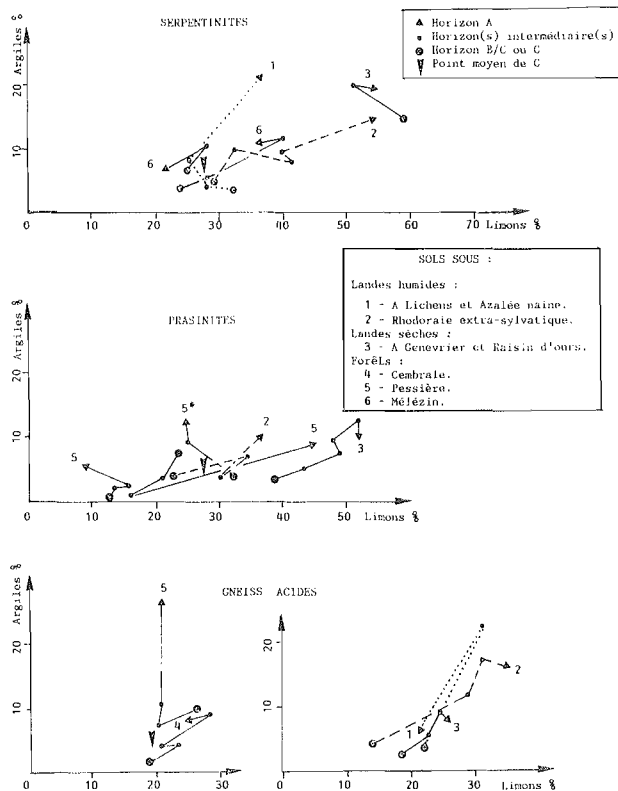


Figure 3 - Trajets granulodynamiques à l'étage Subalpin.  
*Granulodynamic trajectories on Subalpine level.*

Figure 3 : Trajets granulodynamiques à l'étage Subalpin.  
*Granulodynamic trajectories on Subalpine level.*

## 2. Les aires granulométriques

A l'étage Subalpin l'argilisation, à peine plus forte qu'à l'étage Montagnard, affecte diversement les sols (Fig. 5b). Le changement de bioclimat n'influe que peu sur la désagrégation initiale de la roche. Les Gneiss présentent une différenciation sableuse dominante doublée d'une argilisation modérée. L'évolution sur Prasinites, en majorité sablo-limoneuse présente un étirement vers la texture limoneuse. Quant aux Serpentinites, dont l'aire commune avec les deux autres roches est déjà sablo-limoneuse, la microdivision conduit à une texture plus limoneuse que sur les gneiss et à un enrichissement en argile par rapport aux roches basiques.

## D) ÉVOLUTION A L'ÉTAGE ALPIN

## 1. Les trajets granulodynamiques

A cet étage bioclimatique l'altération des Serpentinites apparaît encore presque exclusivement liée aux processus de fragmentation. Celle-ci est très affirmée en relation avec la longueur des trajets. Le comportement granulodynamique des sols 2, 3, 5 et 7 (fig. 4) correspond d'assez près aux courbes caractéristiques fournies par la simulation de la division des particules (trajet de type F2 et F3 de

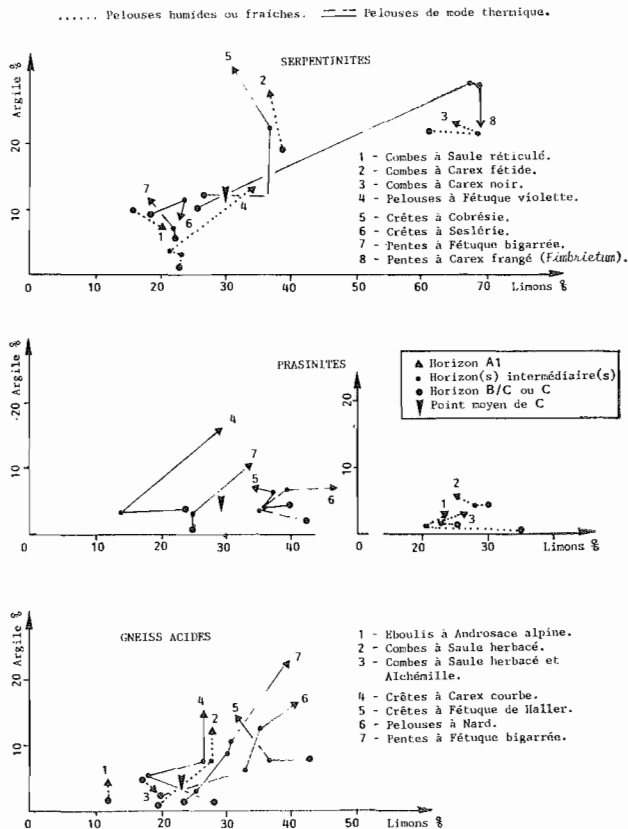


Figure 4 : Trajets granulodynamiques à l'étage Alpin.  
*Granulodynamic trajectories on Alpine level.*

LEGROS). L'appauvrissement superficiel des matériaux intervient sans doute (trajets de type M) pour infléchir la courbe du sol 1 (plus frais) et des profils 5 et 8 (épais et différenciés). Seul le trajet irrégulier des horizons profonds du profil 4 suggère de discrets phénomènes imputables à la podzolisation-dissolution.

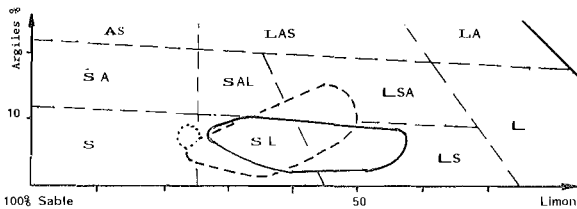
Les trajets sur Prasinites apparaissent plus homogènes. La majorité est de forme irrégulière et présente un comportement de type Z (trajets 2, 4, 5 et 6). Ils montrent l'intervention dominante des phénomènes de dissolution. Ceux-ci et les phénomènes de podzolisation qui leur sont le plus souvent liés, sont cependant atténués par rapport à l'étage Subalpin. Les autres courbes (3 et 7) témoignent surtout de l'action prépondérante de la fragmentation (courbe de type F2).

Sur les Gneiss acides, les sols les plus profonds ou de pente faible (4, 6 et 7) présentent un comportement légèrement irrégulier du type Z qui traduit assez fidèlement leur caractère podzolique plus affirmé. Les autres trajets reflètent une fragmentation plus ou moins forte (1 et 2) avec appauvrissement (3) sur pente forte et argilisation (5) sur crête ventée.

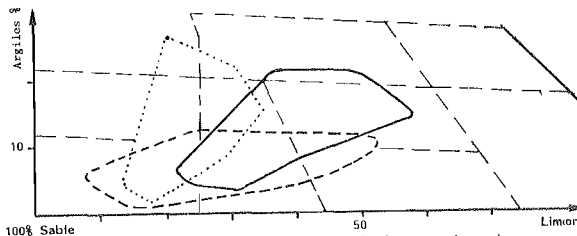
Globalement, les trajets granulodynamiques des sols à l'étage Alpin traduisent leur évolution biochimique. La brunification caractérise les sols des ultrabasites. La podzolisation, limitée dans l'espace et en intensité au Subalpin supérieur, s'estompe rapidement. A l'inverse, brunification réduite mais surtout podzolisation, quoique moins affirmée qu'au Subalpin, différencie les sols sur roche basique et roche acide, des précédents. Le processus de podzolisation s'affirme des Prasinites aux Gneiss acides.

## 2. Les aires granulométriques

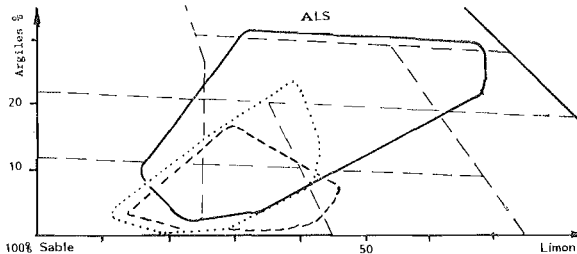
Les conditions pédoclimatiques plus rudes et surtout plus variées de l'étage Alpin interviennent de façon décisive dans le comportement du matériau minéral (Fig. 5c). Le point moyen de l'horizon C (ou B/C) se rapproche encore plus nettement du pôle sable en allant des ultrabasites vers la roche acide. Une argilisation très modérée affecte roches acides et basiques de sorte que leurs aires granulométriques (sablo-limoneuse à limoneuse) coïncident dans leur très



a - Etage Montagnard - *Mountains level*



b - Etage Subalpin - *Subalpine level*



c - Etage Alpin - *Alpine level*

○ GNEISS

○ PRASINITES

○ SERPENTINITES

S Sableux

L Limoneux

LA Limono-argileux

SL Sablo-limoneux

LS Limono-sableux

AS Argilo-sableux

SA Sablo-argileux

LSA Limono-sabto-argileux

ALS Argilo-limono-sableux

SAL Sablo-argilo-limoneux

LAS Limono-argilo-sableux

Figure 5 : Aires granulométriques selon le triangle des textures.

*Granulometric areas according to the triangular diagram of soil texture.*

grande majorité et se modifient peu avec l'étage. La tendance à l'argilisation est réduite et apparaît dans le léger gonflement des aires vers une texture sablo-argilo-limoneuse (SAL). La microdivision affecte par contre fortement les Serpentinites dont l'aire déborde largement les deux autres en direction des fractions argilo-limono-sableuse. C'est à cet étage que les cations des minéraux primaires de la roche seront le plus facilement, et en quantité plus importante mis à la disposition de la végétation. Cette mise à disposition influera fortement sur la composition du tapis végétal (installation d'associations spécifiques).

A cet étage la similitude de comportement granulométrique des gneiss acides et des prasinites basiques se traduit par des associations végétales communes aux deux roches.

## CONCLUSIONS

L'analyse de l'évolution granulométrique des sols aux divers étages bioclimatiques met en relief deux ensembles de phénomènes complémentaires :

- les processus d'altération,
- leurs conséquences sur la végétation.

### ROLE DES PROCESSUS D'ALTÉRATION

1) Les roches ultrabasiques, quel que soit l'étage, donnent rapidement naissance à de volumineux pierriers (VACCARI, 1903 ; GUYOT, 1925) surtout à l'étage Alpin où l'influence du gel est plus marquée. Sur ce matériel graveleux microdivision et formation d'argile sont facilitées. Comme les calcaires durs (BOTTNER, 1971 ; CABIDOCHÉ, 1979 ; GAIFFE, 1980 et 1984 ; LEGROS et al., 1979 ; LEGROS, PARTY et DORIOZ, 1987) les prasinites et les gneiss acides, massifs, offrent des surfaces réduites à l'altération. La production d'éléments fins se trouve entravée. Les sols sont plus sableux. Les prasinites manifestent un comportement intermédiaire entre serpentinites et gneiss.

2) L'altération fait intervenir de manière préférentielle la fragmentation et de manière plus discrète des phénomènes d'appauvrissement et peu de dissolution liés à la podzolisation. A ce niveau, l'évolution granulométrique recoupe bien ce que l'on voit sur le terrain. La fragmentation et l'argilification sont plus nettes sur les roches les plus basiques. L'influence de la podzolisation s'accroît sur les roches acides.

3) On note un rôle particulièrement important de l'étage sur les ultrabasites. Les trajets granulodynamiques des sols les plus évolués s'allongent en haute altitude (trajet du *Fimbrietum* plus long que celui de la rhodoraie). Sur toutes les roches la fragmentation, dominante dans tous les cas, est encore plus nette à l'étage alpin. La podzolisation et la dissolution qui l'accompagnent sont au contraire plus sensibles au subalpin et au montagnard.

4) Sous le climat sec du Val d'Aoste la microdivision des roches ultrabasiques dépend davantage de l'action du climat de l'étage que de la végétation. Les contrastes bioclimatiques de l'étage Alpin s'avèrent les plus efficaces. « La roche la plus basique... fournit à la fois plus d'argile et de limon ». Ces observations de DEJOU et al. (1977), ROBERT et al. (1980), sont vérifiées pour les ultrabasites où l'arénisation est rapide sur les milieux les plus stables (CABIDOCHÉ, 1979 ; DAMBRINE, 1985). Par contre, l'évolution granulométrique de la roche basique massive (prasinites) s'apparente à celles des roches massives acides (gneiss).

La cohésion de la roche-mère s'avère un facteur déterminant de l'évolution granulométrique, de la dynamique de l'eau et de l'altération chimique qui les accompagne. Ces modifications se traduisent dans la végétation.

## RAPPORTS ÉVOLUTION GRANULOMÉTRIQUE - VÉGÉTATION

1) A l'étage Montagnard, l'argilogénèse, faible, correspond à une mise à disponibilité limitée des éléments cationiques des roches. Le facteur humus, ici acide, joue un rôle majeur dans la composition du tapis herbacé (espèces acidophile, dont la canche flexueuse). Le contexte bioclimatique général sec impose le Pin sylvestre. L'association du *Deschampsio-Pinetum sylvestris* est commune aux trois roches.

2) A l'étage Subalpin, la microdivision accentuée des ultrabasites par rapport aux deux autres roches influe sur la nature de la végétation forestière. Le mésoclimat et l'humus ne constituent plus des éléments suffisants pour uniformiser le tapis végétal. La roche ultrabasique, par les caractéristiques physiques (perméabilité et aération) et par les contraintes chimiques qui en découlent pour les sols (VERGER, 1987), favorise le mélèze. La podzolisation, dominante sur roches basique et acide, favorise l'épicéa et le cembro.

3) A l'étage Alpin sur ultrabasites, avec l'argilogénèse plus forte, fer et magnésium sont plus largement libérés. Le complexe adsorbant est saturé. Ceci entraîne l'installation de la série neutro-basophile des *Sesleriatalia* comprenant des associations nouvelles (VERGER, 1983 et 1987), spécifiques à ces roches (*Fimbrietum*, *Saxifragetum androsaceae*). L'altération limitée des Prasinites libère peu d'éléments de sorte que, comme sur les Gneiss acides, on observe les groupements végétaux de la série acidophile des *Caricetalia*.

Au total l'évolution granulométrique (qui conditionne largement les sols) reflète les conditions bioclimatiques particulières du Val d'Aoste. L'altération, quelle que soit la roche, n'est jamais très poussée. C'est la conséquence d'une pluviométrie modérée. La prasinite massive s'altère lentement et fournit peu de bases et de phyllites au sol ; la podzolisation s'installe. La serpentinite, très disloquée, conduit à des sols brunifiés et perméables enrichis en éléments les plus fins (CABIDOCHÉ, 1979 ; TROSSET, 1980).

Les modalités de la désagrégation du matériau influent donc largement sur l'orientation de la pédogénèse et la nature de la végétation. Elles agissent sur la perméabilité des sols et la dynamique de l'eau en même temps que sur la teneur en éléments disponibles. A la limite, brunification et podzolisation, qui sont les deux voies possibles sur serpentines et prasinites, pourraient dépendre tout autant des caractères physiques des altérites que de leur milieu chimique.

Reçu pour publication : Septembre 1988

Accepté pour publication : Juin 1989

## REMERCIEMENTS

Je remercie M. LEGROS (INRA-ENSA, Montpellier) et M. SOUCHIER (Université de Grenoble) pour leur aide et MM. DAMBRINE et DORIOZ pour leurs conseils lors de la relecture de ce texte.

## BIBLIOGRAPHIE

- BERRE A., 1970. — Contribution à l'étude pétrochimique de quelques serpentinites et des sols dérivés en climat tempéré. Thèse de 3<sup>e</sup> 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 0 4083. Montpellier, 271 p.
- BRAUN-BLANQUET J. et JENNY H., 1926. — Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der Zentralalpen. Schweiz. Naturforsch. Gesell. Bd. LXIII - Abh. 2.
- CABIDOCHÉ Y.M., 1979 — Contribution à l'étude des sols de haute montagne. Thèse 3<sup>e</sup> cycle. Univ. Sc. du Languedoc, 152 p. + annexes.

- CIRIC M.**, 1962. — Z. Pflernähr. Düng. Bodenk. 96, 115.
- DAMBRINE E.**, 1985. — Contribution à l'étude de la répartition et du fonctionnement des sols de haute montagne. Thèse Spéc. Géol. Appli., Paris, 284 p. + annexes.
- DEJOU J., GUYOT J., ROBERT M.**, 1977. — Evolution superficielle des roches cristallines et cristallophylliennes dans les régions tempérées. Publ. I.N.R.A., Paris.
- DUCHAUFOUR Ph.**, 1977. — Pédologie tome 1. Pédogénèse et classification. Masson, 477 p.
- DUVIGNEAUD P.**, 1966. — Note sur la biogéochimie des serpentinites du S.W. de la France. Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique, 99, 2.
- GAIFFE M. et SCHMITT A.**, 1980. — Sols et végétation à l'étage montagnard dans les forêts du Jura central (haute vallée du Doubs, de Mouthe à Pontarlier) Sci. Sol, 4, 265-296.
- GAIFFE M.**, 1984. — Relations entre faciès calcaires, sols et végétation dans les forêts du Haut-Jura central. Ecologie des Milieux Montagnard et de haute altitude. Doc. Ecol. Pyr., III-IV, 413-416.
- GUYOT H.**, 1925. — Contribution sur la Phytogéographie des Alpes Graies orientales. Bull. Soc. Flore Valdot. Aoste, 18.
- LEGROS J.P.**, 1982. — L'évolution granulométrique au cours de la pédogénèse. Approche par simulation sur ordinateur. Application aux sols acides sur matériaux cristallins en zone tempérée. Thèse Etat. Montpellier, 436 p.
- LEGROS J.P.**, 1984. — Introduction à l'étude de la simulation de l'évolution granulométrique du sol. Présentation d'un modèle informatique. Sci. Sol. 1, 51-62.
- LEGROS J.P. et CABIDOCHÉ Y.M.**, 1979. — Les types de sols et leur répartition dans les Alpes et les Pyrénées cristallines. Doc. Cart. Ecolog., XIX, 1-19.
- LEGROS J.P., PARTY J.P., DORIOZ J.M.**, 1987. — Répartition des milieux calcaires, calciques et acidifiés en haute montagne calcaire humide. Conséquences agronomiques et écologiques. Doc. Cart. Ecolog., XXX, 137-157.
- NAHAL 1974.** — Notion de climat de la végétation. Biol. Ecol. Médit., T. 1, n° 1. 1-10.
- OZENDA P.**, 1981. — Végétation des Alpes Sud-Occidentales. Editions du C.N.R.S., 258 p.
- OZENDA P.**, 1983. — La végétation de l'Arc Alpin. Comité Européen pour la Sauvegarde de la Nature et des Ressources Naturelles, Strasbourg.
- RICHARD J.L.**, 1985. — Observations sur la sociologie et l'écologie de *Carex fimbriata* Schkuhr dans les Alpes. Botanica Helvetica 95/2, 157-164.
- ROBERT M., CABIDOCHÉ Y.M., BERRIER J.**, 1980. — Pédogénèse et minéralogie des sols de haute montagne cristalline (étages alpin et subalpin) Alpes - Pyrénées. Sci. Sol., 4, 313-336.
- ROBINSON W.O., EDGINGTON G., BYERS H.G.**, 1935. — Chemical studies infertile soils derived from rocks high in magnesium and generally high in chromium and nickel. U.S. Dep. Agric. Techn. Bull., 471.
- RUNE O.**, 1953. — Plant life on Serpentinites and related rocks in the North of Sweden. Acta phytogeographica Suecica, 31, 1-135 Uppsala.
- SASAKI S., MATSUNO T., KONDO Y.**, 1968. — A podzol derived from serpentine rocks in Hokkaido, Japan. Soil Science and Plant Nutrition, Vol. 14, 3.
- SOUCHIER B.**, 1984. — Les podzols et la podzolisation en climats tempérés et montagnards. A.F.E.S. Livre Jubilaire du Cinquantenaire, 77-96.
- TROSSET L.**, 1980. — Différenciation pédogénétique et organisation des sols sur micaschistes dans les Alpes nord-occidentales. A.F.E.S., 4, 337-351.
- VACCARI L.**, 1903. — La flore de la serpentine, du calcaire et du gneiss dans les Alpes Graies orientales. Bull. Soc. Flore Valdot. Aoste, 2.
- VERGER J.P.**, 1983. — Contribution à la connaissance d'un groupement alpin climatique original sur serpentines : le *Caricetum fimbriatae*. Phytosociologie et pédologie. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 296, 775-778.
- VERGER J.P.**, 1987. — Végétation et pédogénèse sur Roches Vertes et Gneiss acide dans une séquence altitudinale Montagnard-Alpin en Val d'Aoste (Italie). Essai de synthèse écologique. Thèse Etat, Grenoble, 228 p. + annexes.