

Zeitschrift:	Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber:	Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band:	78 (1986-1987)
Heft:	369
Artikel:	Un cas particulier de cryptopodzolisation sur calcaire à l'étage alpin
Autor:	Spaltenstein, Henri
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-278903

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 07.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Un cas particulier de cryptopodzolisation sur calcaire à l'étage alpin

PAR

HENRI SPALTENSTEIN¹

Résumé. – Des sols alpins développés dans un manteau éolien (épaisseur env. 20 cm), recouvrant un calcaire dur et pauvre en impuretés silicatées, ont un profil peu différencié A(B)R. Les profils de Al et Fe extraits à l'oxalate pH 3,2 ne montrent aucune redistribution de ces éléments. Mais l'étude des complexes organo-métalliques par les extractions au tétraborate-Na 0,1 M pH 9,7 et pyrophosphate-Na 0,1 M (BRUCKERT 1979), montre que des complexes-Al sont mobiles et quittent l'horizon A. Notre interprétation de l'absence d'horizon d'accumulation est que ces complexes-Al ne sont pas arrêtés au sein du profil, mais sont évacués dans la roche par drainage. Le fer est stable et ne migre pas. Ainsi ces sols ne montrent aucun des caractères morphologiques et chimiques de ce processus de podzolisation.

Abstract. – *A peculiar case of cryptopodzolisation on limestone within the alpine zone.* Alpine soils of the Swiss Alps developed within a 20 cm thick loess deposit above a pure hard limestone show poorly differentiated horizons, with A and Bw horizons resting on the rock. Oxalate extractions show an even distribution of Al and Fe within the profile. But the study of the organo- metal complexes by the Na-tetraborate 0.1 M pH 9.7 and Na-pyrophosphate 0.1 M extractions (BRUCKERT 1979), show that the Al-complexes are mobile and leave the A horizon. We interpret the lack of accumulation of these complexes within the solum as the result of their rapid removal out of the profile. Iron is stable and does not migrate. Thus these soils fail to show either the morphological or chemical features of podzolisation.

¹ Adresse actuelle: College of Forest Resources, University of Washington, Seattle, USA.

INTRODUCTION

Dans le cadre d'une étude des pédogenèses alpines sur calcaire dur, présentée ailleurs (SPALTENSTEIN 1984), divers types de sols à morphologie de sol brun ont été décrits. Il nous a paru utile de préciser l'interprétation de leurs caractères morphologiques et analytiques, afin de mieux les situer par rapport aux sols bruns de plus basse altitude, et tels qu'ils sont classés par DUCHAUFOUR (1982).

DONNÉES GÉNÉRALES

- *Situation géographique:* la zone dans laquelle se trouvent les sols s'étage de 1700 m au sommet de la Tête de Versan (Vertsan sur les cartes nationales), sur la rive droite de la vallée de la Lizerne, à son débouché dans la vallée du Rhône, entre Martigny et Sion (fig. 1).
- *Morphologie:* en grand, cette zone est un versant en pente régulière d'environ 30°, exposé plein E.

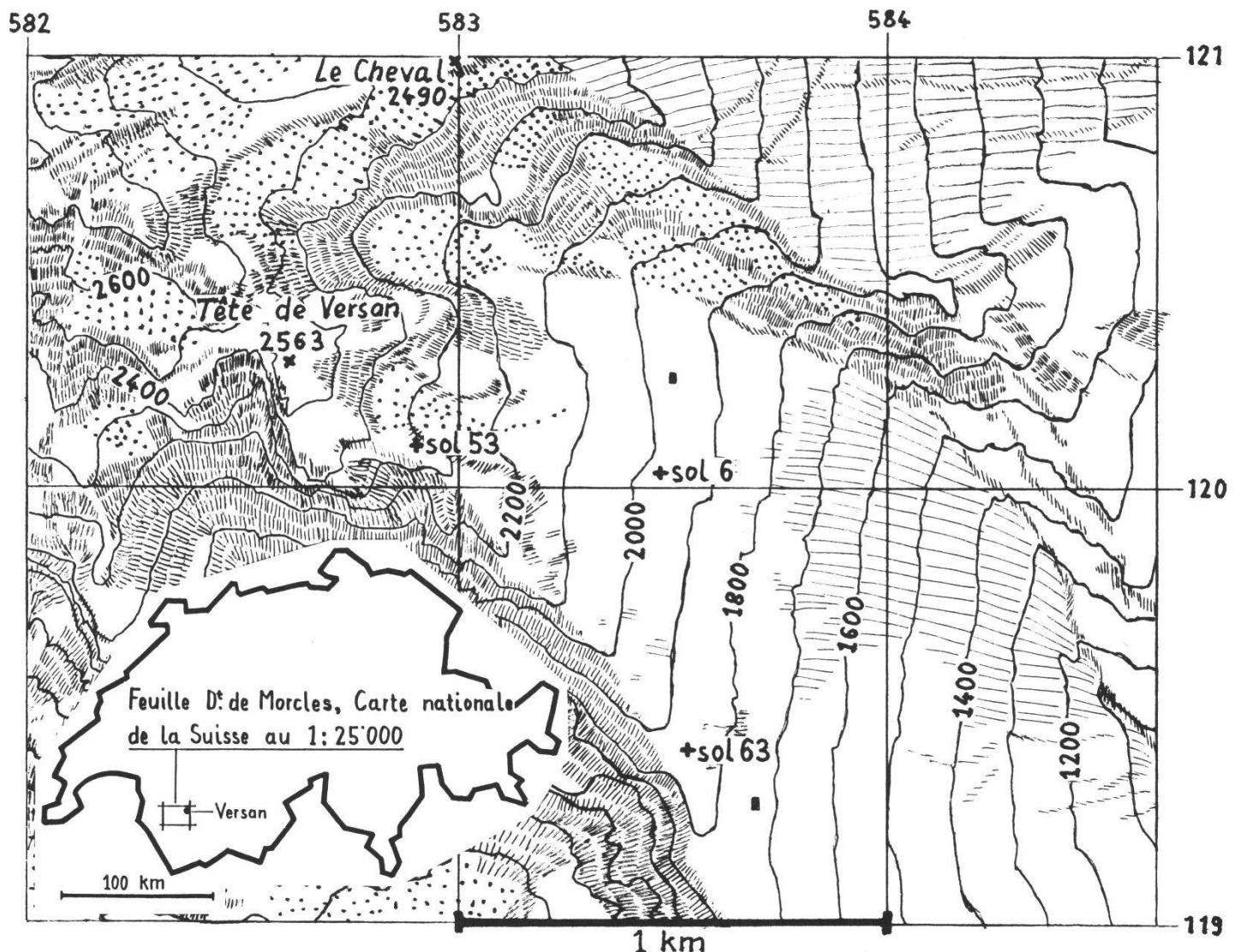


Figure 1. – Localisation du site et des sols. Carte redessinée à partir de la Carte nationale de la Suisse au 1:25 000.

- *Géologie*: la zone est taillée dans le Malm du flan normal de la nappe de Morcles, calcaire de faciès très homogène, compact, à pâte fine, à cassure sombre (BADOUX 1971). Sa teneur en insoluble à HC1 est inférieure à 1%. *La roche-mère* elle-même est un autre matériau: un limon éolien déposé pour l'essentiel avant 4300 BC; il a été redistribué par érosion et colluvionnement selon le modelé et la microtopographie. La minéralogie de la fraction >2 µm comprend: quartz, plagioclases, feldspath-K, amphiboles, chlorite ferro-magnésienne, serpentine, mica blanc et paragonite, et des traces de magnétite. La fraction <2 µm ne comprend que la chlorite et le mica, et des interstratifiés qui en sont dérivés par transformation.
- *Climat*: la figure 2 présente les courbes de T et P, extrapolées à partir des stations valaisannes de l'Institut suisse de Météorologie, et corrigées par des mesures sur le terrain. La durée de la période de végétation est d'environ cinq mois. La moyenne de T pour le mois le plus chaud (juillet) est approximativement 12,3° C (moyenne des max.: env. 16° C; des min.: env. 9° C). Ces valeurs ne sont qu'indicatives, le climat stationnel variant fortement d'un site à l'autre.
- *Végétation*: physionomiquement, elle est à tendance gazon sec d'altitude/ pâturage. Abondent l'hélianthème, l'alchémille, l'euphorbe petit-cyprès, et des graminées de pâturage.

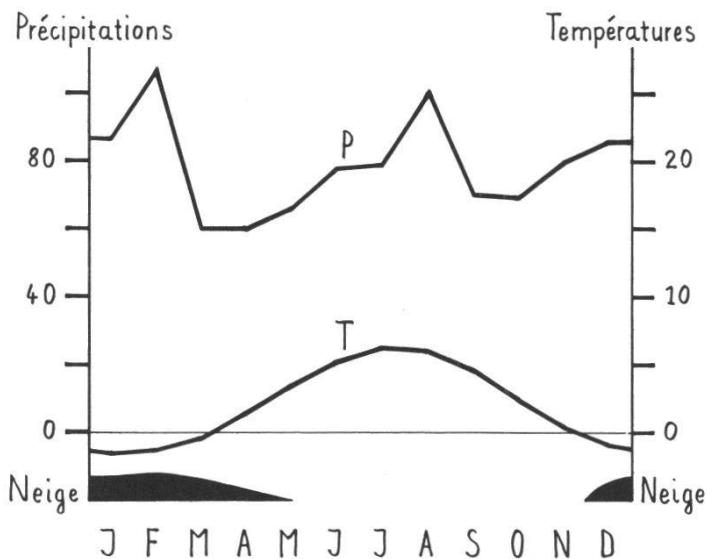
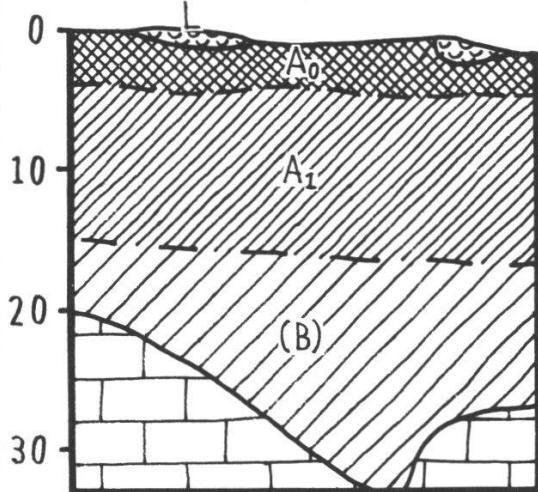


Figure 2. – Moyennes mensuelles de T et P estimées à l'altitude des sols 6 et 63 sur le site de Versan.

MATÉRIEL

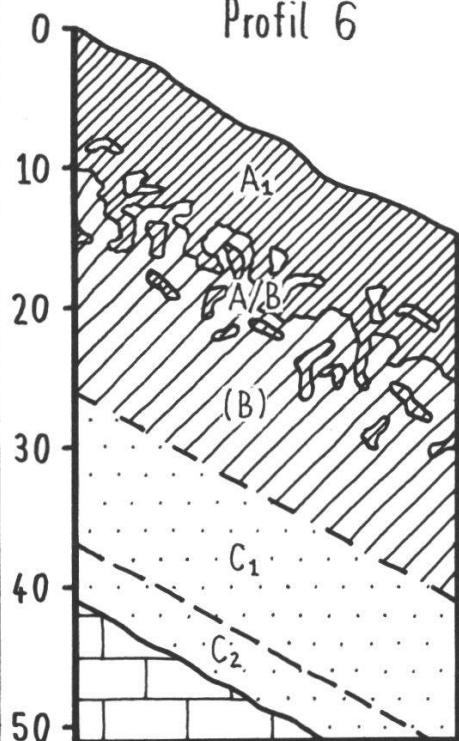
Les sols dits bruns, localisés à la figure 1, sont représentés et décrits à la figure 3. Le sol 63, altitude 1870 m, est situé sur un replat de pente faible (6°), sans possibilité d'apport colluvial; le soubassement calcaire est diaclasé. Le sol 6, altitude 1970 m, est situé dans un couloir dans lequel a eu lieu une accumulation colluviale de limons; une ordonnance normale des horizons indique une actuelle relative stabilité vis-à-vis des phénomènes

Profil 63



- L : Discontinu. Lacs extrêmement serrés de gaines de graminées, tiges, etc. Quelques micro-agrégats dispersés.
- A₀ : 10 YR 2/3. Lacs dense de gaines de graminées et de racines, entre lesquels se trouve la terre fine. Structure: micro-agrégats. Sables fins nets de tout enrobement. Limite régulière, transition sur 2 cm.
- A₁ : 10 YR 3/3. Structure polyédrique fragile, taille 2-5 mm. Sables fins nets de tout enrobement. Enracinement dense, les radicelles traversant les agrégats. Limite régulière, transition sur 5 cm.
- (B) : 10 YR 5/4. Structure localement massive, localement polyédrique mal développée. Peu de racines, sauf à la surface du calcaire. Transition au calcaire par une pellicule de dissolution.
- IIR : Calcaire massif du Malm, très découpé et émoussé.

Profil 6



- A₁ : 10 YR 3/4. Structure: microagrégats. Surstructure polyédrique mal développée, taille 2 mm en surface, 5 mm en profondeur.
- A/B : Juxtaposition des couleurs de A₁ et (B) (brassage par les lombrics). Structure polyédrique fragile, mal développée. Dans les pistes récentes de vers: remplissage formant des agrégats moulant le vide, taille 4-6 mm, solides.
- (B) : 10 YR 4/6. Structure de tendance polyédrique à grande gamme de tailles, fragile. Transition sur 3 cm.
- C₁ : 10 YR 4/4. Localement tassé et poreux, massif, et localement à structure polyédrique de taille 5 mm. Transition sur 1 cm.
- C₂ : 2,5 Y 5/4. Localement tassé et poreux, massif, et localement à structure polyédrique fine (1 mm). Localement poches de cailloutis. Transition au calcaire par une pellicule de dissolution épaisse.
- IIR : Calcaire massif du Malm, très peu diaclasé. Dans les fentes: feutrage lâche de radicelles.

SOL	HORIZON	% DE TERRE FINE	PH EAU	CALCAIRE EN %	C ORG. EN %	C / N	S EN MÉQ./100G	GRANULOMÉTRIE EN %				
								SG	SF	LG	LF	A
63	A ₀	100	5,7	-	16	11	29	-	9	25	35	30
	A ₁	100	5,7	-	8,4	9	23	-	9	27	35	30
	(B)	100	6,5	-	5,6	9	20	1	9	28	35	29
6	A ₁	100	6,1	-	8,6	13	29	-	3	27	38	32
	A/B	100	6,0	-	5,7	11	23	-	6	28	37	29
	(B)	100	6,0	-	2,4	9	16	1	7	30	37	26
	C ₁	100	6,3	-	1,1	-	11	1	12	33	39	15
	C ₂	100	6,9	-	1,0	-	13	1	12	36	39	12

Figure 3. – Présentation des sols 6 et 63. Descriptions et analyses.

d'érosion et de colluvionnement. Dans ces sols relativement minces la végétation empêche une acidification importante par accumulation de calcium à partir du calcaire sous-jacent (SPALTENSTEIN 1984).

MÉTHODES

Nous ne présentons brièvement que celles par lesquelles ont été obtenus les résultats essentiels à notre discussion. Pour plus de détails et pour les résultats présentés à la figure 3, voir SPALTENSTEIN (1984).

- Al_{ox} et Fe_{ox} extraits par un tampon oxalique pH 3,2 (TAMM 1922) par contact pendant quatre heures et à l'obscurité. Ils représentent approximativement l'aluminium et le fer hors des structures cristallines des silicates, et sous forme non cristallisée.
- Al_T et Fe_T , Al_P et Fe_P : destruction ménagée des agrégats par agitation sous l'eau en présence de billes, tamisage à 50 µm. Sur la fraction <50 µm: extraction au tétraborate-Na 0,1M-NaOH pH 9,7, puis au pyrophosphate-Na 0,1M; dosage de l'aluminium et du fer solubilisés lors des extractions (BRUCKERT 1979).

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Les valeurs de Al_{ox} et Fe_{ox} (tableau 1) sont constantes sur l'épaisseur du sol 63, décroissantes avec la profondeur dans le sol 6. L'essentiel est de constater que ces profils ne présentent pas de «ventre», c'est-à-dire pas d'horizon d'accumulation: il n'y a aucune migration apparente d'aluminium ni de fer sur l'épaisseur des deux sols. Cette interprétation est en accord avec les descriptions morphologiques (fig. 3), dans lesquelles aucun horizon éluvial ni d'accumulation n'a été décrit, et avec les analyses annexées (profils du carbone organique, du taux d'argiles et des cations échangés au pH du sol ne présentant pas de «ventre»).

Les valeurs de Al_T et Fe_T , Al_P et Fe_P (tableau 1), sont utilisées par le biais de l'indice de mobilité des complexes, défini ainsi: Al_T/Al_P , Fe_T/Fe_P (BRUCKERT 1979). Il définit l'indice 0,5 comme valeur critique permettant de séparer les sols bruns acides et ocreux (indice <0,5) des sols cryptopodzoliques et ocres podzoliques (indice >0,5). En ce qui concerne nos sols, l'indice de l'aluminium est supérieur à 0,5, indiquant une mobilité élevée des complexes-Al. Pour le fer, l'indice très bas, largement en dessous de 0,5, indique une quasi-immobilité des complexes-Fe.

Pour le fer, l'immobilité de sa forme complexée est en accord avec notre interprétation du profil de Fe_{ox} . Pour l'aluminium, par contre, il y apparemment contradiction entre les indices indiquant une mobilité élevée des complexes-Al, et les profils de Al_{ox} qui n'indiquent aucune mobilisation

apparente. Pour résoudre cette contradiction, nous proposons l'interprétation suivante: s'il n'y a pas de redistribution apparente de complexe-A1, c'est parce que ceux-ci, lors de leur migration, traversent toute l'épaisseur du sol et sont évacués dans les fentes du réseau karstique.

Sol	Horizon	Al_O	Fe_O	Al_t	Fe_t	Al_p	Fe_p	complexes: indice de mobilité	
		en % des cendres à 900° sans CaO*		en % de la fraction organo-minérale < 50 µm					Al
								Fe	
63	A ₀	5,4	7,1	1,4	0,14	1,8	3,0	0,8	0,05
	A ₁	5,5	7,0						
	(B)	5,5	6,5						
6	A ₁	5,0	6,5	1,2	0,10	1,4	1,6	0,9	0,06
	A/B	4,6	6,7						
	(B)	4,2	5,5						
	C ₁	2,7	4,3						
	C ₂	2,7	3,9						

*: pour la justification de cette unité voir SPALTENSTEIN (1984)

Tableau 1. – Sols 6 et 63: aluminium et fer extraits par le tampon oxalique sur la fraction < 2 mm; extraits par le tétraborate et le pyrophosphate sur la fraction < 50 µm.

Sol	Horizon	Al_O	Fe_O	Al_t	Fe_t	Al_p	Fe_p	complexes: indice de mobilité	
		en % des cendres à 900° sans CaO*		en % de la fraction organo-minérale < 50 µm					Al
								Fe	
53	A ₀₀	6,5	14,5	0,2	0,02	0,4	0,4	0,5	0,05
	A ₀	7,1	14,8						
	A ₁	8,4	15,0						
	B _{s1}	7,6	12,6						
	B _{s2}	6,7	10,2						
	IIC	3,4	4,2						

*: pour la justification de cette unité: voir SPALTENSTEIN (1984)

Tableau 2. – Sol 53: aluminium et fer extraits par le tampon oxalique sur la fraction < 2 mm; extraits par le tétraborate et le pyrophosphate sur la fraction < 50 µm.

CONTRE-EXEMPLE

Nous ne disposons pas d'observation directe permettant d'éprouver notre interprétation (p. ex. dépôts organiques dans les fentes du calcaire, étude de la solution du sol). Nous pouvons néanmoins la confronter à un contre-exemple: un sol dans lequel une redistribution d'aluminium a lieu sur l'épaisseur du profil, c'est-à-dire présentant un horizon d'accumulation. Ce sol est le 53, présenté à la figure 4. Situé dans la même zone que les sols 63 et 6, développé dans le même limon éolien, à l'altitude de 2340 m sur une pente de 25° exposée NE, il jouit d'un climat stationnel particulièrement

froid et humide. La végétation est à tendance combe à neige. La morphologie de ce sol, riche en matière organique, est très différente de nos sols dits bruns. Les résultats analytiques figurent au tableau 2. Ils montrent:

- Fe_{ox} une décroissance assez régulière avec la profondeur, en tous les cas une absence d'horizon d'accumulation. Cela est en accord avec des indices de mobilité des complexes-Fe très bas.
- Al_{ox} : montre une faible redistribution, avec un léger maximum en A_1-B_{s1} . L'indice de mobilité des complexes-Al indique une mobilité modérée en A_{00} (indice égal à la valeur critique 0,5), et une mobilité très faible en B_{s1} . La correspondance entre le profil de Al_{ox} et les indices de mobilité est donc bonne: les complexes-Al sont relativement mobiles dans l'horizon de départ, et peu mobiles dans l'horizon d'accumulation.

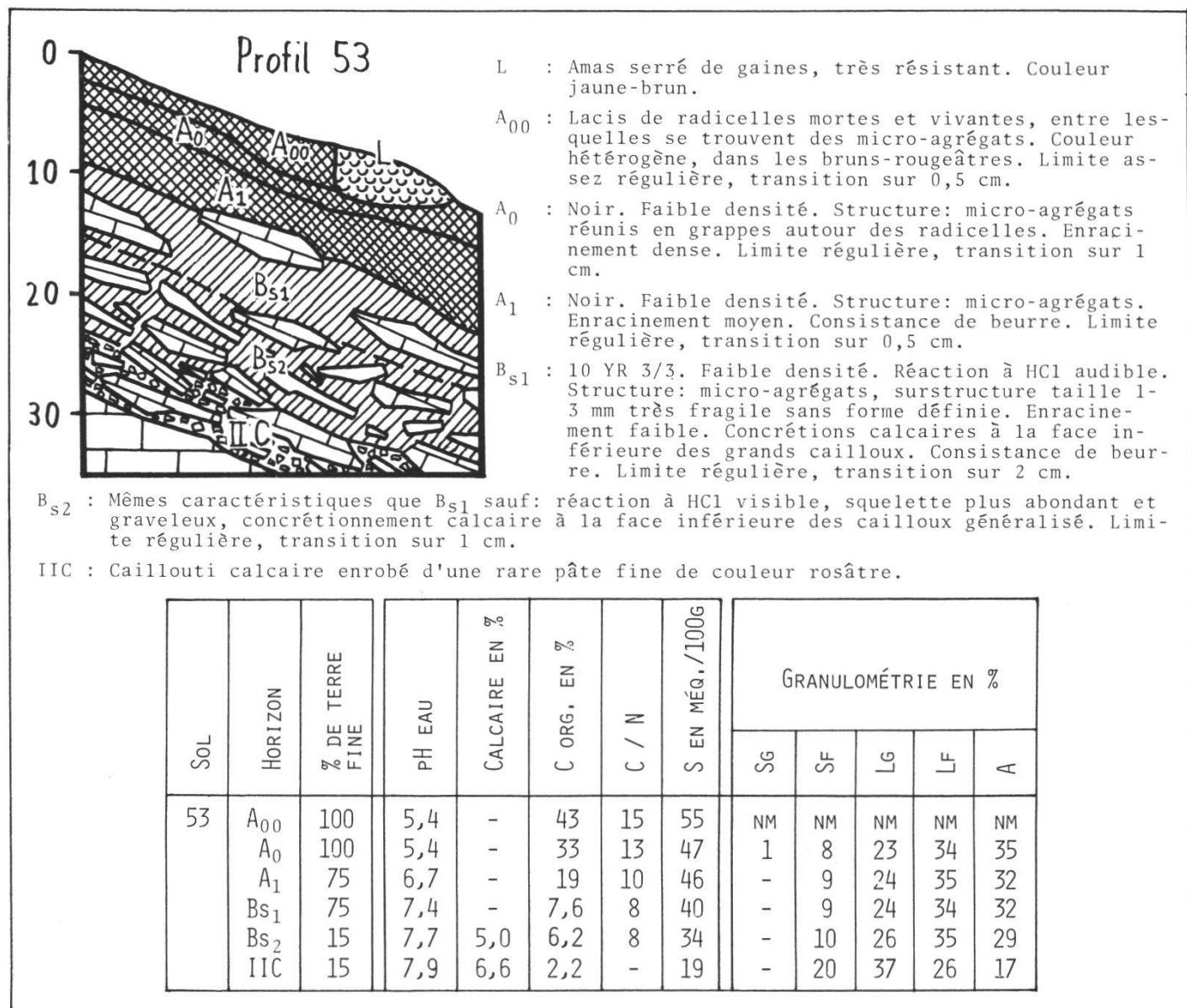


Figure 4. – Présentation du sol 53. Description et analyses.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Suite aux résultats obtenus sur les sols 63 et 6 eux-mêmes, et sur le contre-exemple que constitue le sol 53, nous considérons notre interprétation suffisamment fondée, à savoir: dans les sols dits bruns 63 et 6 il y a vraisemblablement migration et perte par drainage en sous-sol de complexes organo-alumineux. Ce processus de migration de complexes-Al et/ou -Fe (chéluviation, SWINDALE et JACKSON 1956) est typique de la podzolisation s.l.

DUCHAUFOUR (1982) établit une série évolutive de sols: brun acide – brun ocreux – ocre podzolique (ou cryptopodzolique) – podzolique – podzol. Dans le premier terme il n'y a pas de chéluviation; elle apparaît au deuxième et se développe au long de la série, limitée d'abord à l'aluminium (cryptopodzolisation), puis mobilisant de plus en plus massivement également le fer (podzolisation). Dans ces sols à faible teneur en matière organique (exceptés les horizons A et Bh), la teinte est due au fer, l'aluminium ne participant pas à la coloration du sol. De cette façon, la chéluviation limitée à l'aluminium ne se traduit pas par une différenciation morphologique (du point de vue de la couleur) du profil, et n'apparaît qu'à l'analyse chimique; c'est la définition de la cryptopodzolisation proposée par SOUCHIER (1971), qu'il associe à podzolisation commençante, juvénile. Signalons que dans des sols comme les rankers cryptopodzoliques, où la matière organique masque le fer, une podzolisation poussée se développe sans transparaître dans le profil morphologique, d'où une ambiguïté dans la définition de la cryptopodzolisation.

Si nous rapprochons nos sols dits bruns de cette série: sol brun acide – podzol, la mobilité des complexes-Al les apparaît aux sols cryptopodzoliques. Mais d'un autre côté le rapport Fe_T/Al_T très bas les apparaît aux sols bruns acides et ocreux (BRUCKERT 1979). Le pH modérément acide de ces sols les apparaîtrait plutôt aux sols bruns mésotrophes.

La comparaison avec un autre type de sol alpin, le ranker cryptopodzolique, permet de formuler des hypothèses intéressantes. DUCHAUFOUR (1982) résume les connaissances sur ce type de pédogenèse; le processus de podzolisation lui-même n'est effectif que pendant une brève période de l'année, la fonte des neiges. Il paraît naturel de formuler l'hypothèse que c'est également à cette période que dans nos sols dits bruns la mobilisation des complexes-Al est réalisée, de même que leur évacuation par drainage dans le karst. Une étude lysimétrique, par exemple, ne pourrait se permettre de manquer cette période. Cette hypothèse permet également de comprendre ces sols dits bruns non comme des intergrades entre les sols cryptopodzoliques, ocreux, acides ou encore mésotrophes, mais comme des sols composites, réalisant divers types de processus pédogénétiques au cours de l'année.

En tous les cas, soulignons une particularité de ces sols dits bruns 63 et 6:

ils réalisent très vraisemblablement un curieux cas de cryptopodzolisation, puisque celle-ci, évidemment invisible dans la morphologie du profil, n'apparaît également pas à l'extraction au tampon oxalique.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par le Fonds national de la Recherche scientifique et l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Ce travail a été effectué au Laboratoire de Pédologie de l'EPF-L.

BIBLIOGRAPHIE

- BADOUX H., 1971. – Feuille 1305 Dt de Morcles, deuxième édition, Atlas géologique de la Suisse au 1:25 000. Carte et notice. Commission géologique suisse, Bâle.
- BRUCKERT S., 1979. – Analyse des complexes organo-minéraux des sols. In: Pédologie tome 2, Constituants et propriétés du sol, Bonneau M. et Souchier B., Masson, Paris, 460 p.
- DUCHAUFOUR P., 1982. – Pédologie tome 1, Pédogenèse et classification. 2^e édition, Masson, Paris, 491 p.
- SOUCHIER B., 1971. – Evolution des sols sur roches cristallines à l'étage montagnard (Vosges). Thèse Univ. Nancy, 134 p.
- SPALTENSTEIN H., 1984. – Pédogenèse sur calcaire dur dans les Hautes-Alpes calcaires. Thèse EPF-Lausanne N° 540, 146 p.
- SWINDALE L. D., JACKSON M. L., 1956. – Genetic processes in some residual podzolised soils of New Zealand. *VI^e Congrès Assoc. Int. Science du Sol, Paris, série E:* 233-239.
- TAMM O., 1922. – Eine Methode zur Bestimmung der anorganischen Komponenten des Gelcomplexes im Boden. *Meddel. Stat. Skogsforsokan.* 19: 385-404, Stockholm.

Manuscrit reçu le 28 janvier 1986.

