

Claude LAUGENIE, François COLMET-DAAGE,
Eduardo BESOAIN, Mireille DELAUNE *

NOTE SUR LES LIMONS VOLCANIQUES DES PIÉMONTS GLACIAIRES CHILIENS MÉRIDIONAUX

RESUME. - Un ample manteau de limons couvre les piémonts glaciaires chiliens entre le 38° et le 41° de latitude. On y discerne plusieurs générations de dépôts par rapport aux trois glaciations quaternaires andines : Fresia, Colegual, Llanquihue. La coupe de Coipue, près de Villarica, est particulièrement étudiée. On y discerne 17 séries de cendres qui représentent le dernier inter-glaciaire (Sangamon) et la dernière époque glaciaire (Llanquihue, homologue de Wisconsin). Dans l'ensemble de la région, on distingue : des sols rouges argileux à métahalloysite et fire-clay sur les cendres pré Mindéliennes ; des sols à métahalloysite et allophane sur les cendres d'âge Sangamon ; enfin, des sols à allophane seule sur les cendres Llanquihue-Wisconsin et holocènes.

ABSTRACT. - Loams cover widely the glacial piedmonts of Chile between 38 and 41° South. Several generations of deposits are observed, through three quaternary Andean glaciations. The section at Coipue, near Villarica, is studied especially. 17 ash fall layers are to be counted, representing the last interglacial and glacial epoch (Llanquihue, equivalent of Wisconsin). On the whole of the country, three kinds of soils may be distinguished : red clayey soils, with metahalloysite and fire-clay, on pre-Mindel ashes ; metahalloysitic and allophanic soils on Sangamon ashes ; allophanic soils on Llanquihue-Wisconsin and postglacial ashes.

Entre le 39° et le 41° de latitude, les glaciers quaternaires andins s'étaient dans les dépressions centrales chiliennes en énormes lobes de type alaskien, d'importance croissante vers le Sud. C'est la région des Lacs du Chili méridional, un piémont glaciaire hyperhumide et tempéré : plus de 1 500 mm de précipitations annuelles dans les plaines, des hivers humides et frais, deux à trois mois secs seulement au cœur de l'été ; enfin, une forêt tempérée de la pluie, prodigieuse tant par sa vigueur que par la profusion et la variété des espèces qui la composent.

Mais l'originalité essentielle de ces piémonts est d'ordre morphologique. Ce ne sont pas seulement des piémonts glaciaires ; ce sont aussi des piémonts volcaniques. Ce diptyque glaciaire-volcanisme est une des constantes du quaternaire des Andes. L'un et l'autre se per-

(*) CNRS, U.E.R. de Géographie, Bordeaux III, ORSTOM Antilles ; S.A.G. Santiago du Chili ; ORSTOM, Géologie, Bondy.

28 MAI 1976

O. R. S. T. O. M.

Collection de Références

n° B 8193 Pedro

turbent, s'ajoutent ou s'annulent en une dialectique qui conjugue à la fois rythmes éruptifs et facteurs zonaux.

Au Sud de la vallée de l'Allipen, les dépôts volcaniques se réduisent à trois catégories essentielles :

- de grands lahars de plaines qui coïncident avec des périodes de moindre activité morphologique (phases de retraits glaciaires ou même inter-glaciaires) ;
- des formes d'envoyage post-glaciaires dans les vallées andines (lahars, coulées, cônes de débâcles etc.) ;
- enfin des modelés d'ensevelissements éoliens de cendres d'âges divers qui voilent moraines et terrasses, de la simple aspersion jusqu'à l'enfouissement complet.

L'étude de ces cendres présente un triple intérêt :

- du point de vue des sols, d'abord, puisque ceux-ci ne se développent jamais à partir des moraines ou des terrasses mais des cendres qui les recouvrent ;
- du point de vue stratigraphique, ensuite. On peut espérer, en effet, établir des corrélations entre les dépôts glaciaires en pratiquant la téphrochronologie ;
- sur un plan paléoclimatique, enfin, l'analyse des sols enfouis est susceptible d'éclairer les altérations passées et plus particulièrement celles des interglaciaires.

Il va sans dire que ces trois perspectives sont étroitement liées. Les sols sur cendres sont souvent polygéniques. Les sols enfouis servent de jalons pédologiques et même stratigraphiques. Inversement, les dépôts glaciaires définissent les générations de cendres (1).

I. LES GENERATIONS DE CENDRES ET LES MODELÉS D'ENSEVELISSEMENT

Trois grands ensembles d'amphithéâtres morainiques rythment les oscillations glaciaires andines. Ils sont particulièrement bien identifiables dans la région du lac Llanquihue. Le plus ancien, le moins net aussi, celui de **Fresia** s'avance loin vers l'Ouest, presque au pied de la cordillère côtière. En retrait, les grands vallums de **Colegual** dessinent deux amphithéâtres continus. Enfin, les moraines très fraîches qui ceignent le lac appartiennent à la dernière glaciation (**Llanquihue**) que des datations au C14 permettent d'assimiler au Wisconsin (fig. 1 et 2).

Chaque groupe d'amphithéâtres et de terrasses associées comporte sa propre couverture de cendres. Les plus anciens cumulent l'ensemble (ou presque) des aspersion éoliennes. Les plus récents sont simplement voilés de cendres post-glaciaires.

Les moraines et nappes du dernier glaciaire sont ainsi **saupoudrées** de limons dont l'épaisseur ne dépasse pas 1,5 m. Les remaniements

(1) Les données du problème appellent une approche interdisciplinaire. De fait, ce travail est le résultat d'une étroite collaboration entre pédologues, géographe et minéralogiste. Il est le fruit de missions de coopération culturelle et technique du Ministère des Affaires Etrangères.

y sont rares et n'altèrent pas les formes originelles des dépôts, excepté à proximité des volcans où s'ajoutent des épandages sub-actuels.

Par contre, les piémonts fluvioglaciaires Colegual disparaissent sous une épaisse chappe de dépôts qui totalisent les accumulations éoliennes du dernier inter-glaciaire, du dernier glaciaire et de l'holocène. Ce sont des piémonts enfouis sous 15 à 20 m de limons parfois. La dissection propre des cendres, les couloirs, les cuvettes d'érosion éoliennes ajoutent à la confusion des modelés. Il est souvent bien difficile de retrouver ou déceler les formes ensevelies sous une telle couverture.

Tout oppose donc les piémonts saupoudrés de la dernière époque froide aux piémonts glaciaires anciens enfouis. A cet égard, l'inter-glaciaire Colegual-Llanquihue représente une coupure majeure du point de vue des modelés. Les cendres inter-Fresia-Colegual sont moins épaisses et souvent remaniées. Les moraines Fresia fossilisent à leur tour des séries argileuses rouges qui reposent soit sur des terrasses très altérées soit sur les altérites du socle paléozoïque.

On peut ainsi distinguer plusieurs générations de cendres : les séries sub-actuelles et post-glaciaires, deux séries inter-glaciaires dont la plus épaisse est celle de Llanquihue-Colegual, enfin des séries argileuses rouges plus anciennes. En apparence, ces séries occupent une position semblable à celle des loess quaternaires de l'Europe du Nord. Elles s'en distinguent pourtant radicalement.

II. LES COUPES DE COIPUE PRES DE VILLARICA

L'exemple des coupes de Coipue permet de préciser ces données. Elles se situent à 24 km à l'Ouest du lac Villarica et concernent les deux nappes fluvioglaciaires d'âge Llanquihue et Colegual. La basse terrasse associée aux moraines qui bordent le lac est recouverte d'1,5 m de cendres. Elle est dominée d'une trentaine de mètres par une haute terrasse où les dépôts fluvioglaciaires Colegual, particulièrement altérés sont ensevelis sous une couverture de 20 m de limons.

Les cendres de la basse terrasse présentent une granulométrie fine et uniforme. Les densités apparentes sont très faibles et caractéristiques de dépôts éoliens. De couleur jaune brun (10 YR 3/4), elles sont altérées dans la masse. Cette altération homogène efface les stratifications initiales (2).

La composition minéralogique révèle, elle aussi, une assez grande homogénéité. Ce sont des cendres à olivine, augite et hypersthène. On

(2) Il est alors difficile de pratiquer une téphrochronologie précise, à partir de couches témoins particulièrement identifiables, excepté dans le cas de cendres incluses dans des tourbes ou proches des volcans. Il n'en va pas de même sur le versant argentin sous le vent. Dans la Patagonie subdésertique et froide, les altérations sont moins poussées. Vaino AUER a pu ainsi déceler de proche en proche des séries caractéristiques qui servent de jalons téphrochronologiques des sédiments holocènes.

les retrouve au sommet de la haute terrasse (couche 17). Elles sont d'âge post-glaciaire. Plus au Sud, il est parfois possible de les dater grâce à des intercalations de tourbes.

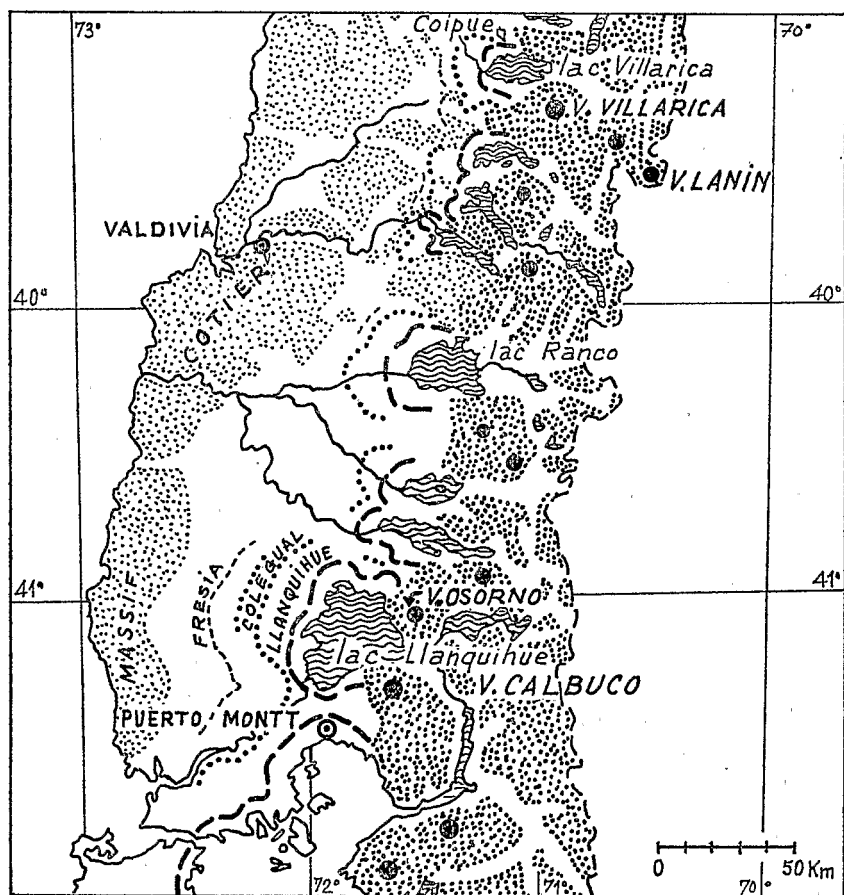


Fig. 1. - CROQUIS DE SITUATION : Points noirs : principaux volcans. En tireté : les amphithéâtres morainiques des trois glaciations andines : FRESIA - COLEGUAL - LLANQUIHUE.

Les grandes séries de cendres qui couvrent la haute terrasse Colegual sont plus complexes. Sur 20 m d'épaisseur on y distingue 17 unités principales bien soulignées par les différences de couleurs. Les lits d'épaisseur variable sont très réguliers et suivent la pente de la terrasse. En amont, on les retrouve sur les moraines épousant fidèlement le profil des vallums. On n'y observe aucune trace de déflation, de solifluxion ou de cryoturbation. Les stratifications sont sagement concordantes. Tout semble donc indiquer que ces dépôts se sont réalisés en période de biostase ; sans doute même sous couvert forestier.

L'analyse des minéraux lourds confirme pour la plupart des dépôts leur origine strictement volcanique. Toutefois l'hypothèse de loess purs et simples n'est pas à écarter totalement. Les séries les plus anciennes (couche 1, par exemple) montrent une prédominance suspecte de l'épidote. On retrouve dans d'autres sites ces limons à épidote au contact même des terrasses fluvio-glaciaires. Or les spectres des matrices de terrasses et de moraines présentent eux aussi des maxima à épidote. Des analyses en cours permettront de préciser ce problème.

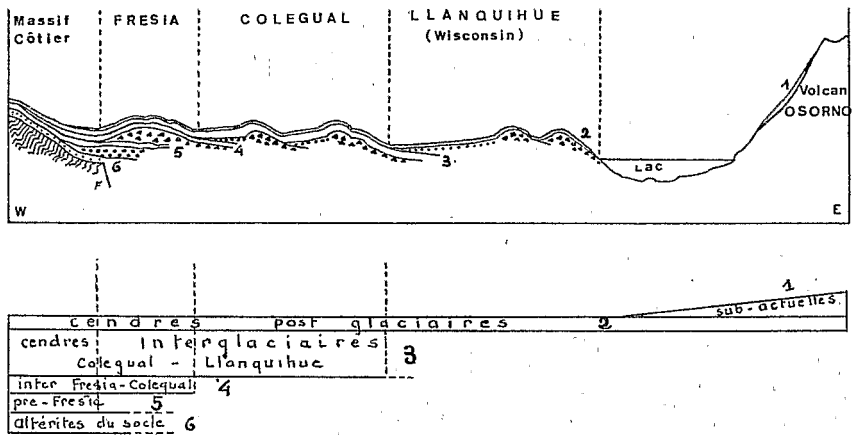


Fig. 2. - Les générations de Cendres volcaniques des piémonts glaciaires chiliens.

	Echantillon	Oliv.	Pyr.	Hyp.	Horn.	Epl.	Allo.	Gibs.	Metah.	F-Cl.	Kaol.
1	E 311	73	15	12			**				
2	E 312 C	8	2	89	1		**				
3	E 314 B	4	9	59	28		**	**	*		
4	E 315 C			23	31	44		**	**		
5	M 5/3				8	81		*	*		**

Légende des abréviations : Olivine, Pyroxène monoclinique, Hypersthène Hornblende, Epidote, Allophane, Gibbsite, Méthalloysite, Fire-clay, Kaolinite.

Chaque séquence est définie par des faciès granulométriques homogènes qui conditionnent les altérations. Les éléments sont très fins. Ils se partagent entre limons et argiles. Les sables ne représentent au mieux que 10 % du total. On ne discerne pas d'horizons pédologiques au sens propre du terme. Pas d'horizons humifères, de zones décolorées ou tachetées. Il est donc malaisé de saisir les discontinuités de dépôts. A la limite, on peut discuter le terme de paléosols et lui préférer celui de sols enfouis à altérations polygéniques ou cumulées. Prises une à une, ces séquences n'ont pas de signification paléoclimatique. Il n'est donc pas question de les utiliser comme principe d'une

chronostratigraphie. Par contre, il est possible de tirer des indications globales des générations de cendres à condition de pouvoir les dater.

Si l'on ne trouve pas de faunes malacologiques dans ces dépôts, on peut toutefois aborder le problème de leur datation par le biais des corrélations. La base de la série est ici bien datée par les cailloutis d'âge Colegual. Le sommet est post-glaciaire. Mais on peut aller plus loin. Près de Villarica, les moraines du glacier Calafquen fossilisent un dépôt de cendres à olivines, pyroxènes et hypersthènes que l'on peut mettre en parallèle avec la couche 12a de Coipue. D'autres corrélations le suggèrent. On peut en déduire que les séquences 1 à 12 représentent le dernier inter-glaciaire. Cette coupure se confirme au niveau des analyses d'argiles. Dans les séries inter-glaciaires, on trouve des allophanes mais aussi des métahalloysites (excepté les cas à granulométries plus grossières) associées à de la gibbsite. Au-dessus, les argiles disparaissent ; l'allophane domine seule.

III. LES TYPES D'ALTERATIONS

A l'échelle du piémont, chaque génération de cendres révèle ainsi un type d'altération particulier.

Les sols développés sur les cendres du dernier glaciaire et de l'holocène sont des sols à allophanes plus ou moins évolués. On n'y trouve jamais d'halloysite. Ils sont l'expression de climats humides à lessivage presque constant. L'attaque des minéraux et des verres est très rapide. Elle est fonction d'une granulométrie toujours fine. Mais les sols ne dépassent pas le stade de l'allophanisation dont l'évolution est ensuite très lente.

Les sols enfouis du dernier inter-glaciaire sont déjà plus évolués. La présence de métahalloysite suggère des climats à saison d'été plus sèche. Toutefois, la permanence de l'allophane y est remarquable. Sa transformation est encore lente et il faut en déduire que les climats inter-glaciaires n'étaient pas très différents des climats actuels.

Les sols d'âge Fresia-Colegual ne représentent qu'une variante plus évoluée des précédents. Plus argileux, sans doute. Ils révèlent les mêmes mélanges de minéraux : allophanes, halloysites, métahalloysites et des argiles à 14 A° mal définies.

Par contre, les sols antérieurs aux moraines Fresia sont des sols argileux francs. On les retrouve à l'Ouest sur le socle paléozoïque, les surfaces qui recoupent le Tertiaire continental ou les terrasses à altérations rouges pre-Fresia. Ce sont des sols ferrallitiques à halloysite, fire-clay et même kaolinite en tous points semblables à ceux des Tropiques. Ils évoquent une longue évolution, en milieu climatique plus chaud et à rythme pluviométrique plus tranché.

CONCLUSION

Pour conclure, les successions de cendres qui feutrent les piémonts glaciaires chiliens ne sont pas assimilables aux loess de période froide de l'hémisphère Nord sur lesquels est fondée la chronostratigraphie du Quaternaire de l'Europe par exemple. Ce sont des pseudo-loess volcaniques.

On peut toutefois tirer des enseignements des altérations globales de chaque génération de cendres. A cet égard, la gamme des altérations présente une discontinuité essentielle entre les sols ferrallitiques anciens et les sols interglaciaires. Il manque, en particulier, dans l'éventail les séries de transition brun-rouille à halloysites que l'on trouve dans les sols tropicaux (F. Colmet-Daage). L'hypothèse d'une coupure paléoclimatique s'impose donc.

Par contre, l'amplitude des variations climatiques des périodes glaciaires et inter-glaciaires se situe dans une fourchette singulièrement réduite. Il n'y a pas lieu de s'en étonner. Sur cette façade pacifique, l'influence océanique est une donnée fondamentale. Les modelés glaciaires le prouvent. La dynamique actuelle aussi. Plus au Sud, en Patagonie, les glaciers bousculent les forêts...

DISCUSSION

QUESTIONS. - Ne peut-on mettre en doute les interprétations paléoclimatiques ? Ne peut-on expliquer les différences de sols par les différences de temps d'altération entre les fossilisations par les cendres ?

REponses. - Certes, mais il faut tout de même constater que dans l'ensemble du piémont, les séries d'âge glaciaire et interglaciaire n'ont jamais abouti à des sols ferrallitiques, que les séries interglaciaires vont jusqu'à la métahalloysite et que les séries post-glaciaires ne vont que jusqu'aux allophanes, et cela quel que soit l'intervalle de temps avant l'enfouissement et quel que soit le cas (sols scellés, enfouis ou polycycliques).