

## LA CANGAHUA EN EQUATEUR LE CONTEXTE PALEOGEOGRAPHIQUE DE SA FORMATION

### La Cangahua en Ecuador: El Contexto Paleogeográfico de su Formación Cangahua in Ecuador: The Paleogeographic Context of its Formation

Alain Winckell et Claude Zebrowski

*ORSTOM, México, Mexique.*

**Mots clés:** Equateur, Cangahua, Andes, Volcanisme pyroclastique récent, Paléogéographie du Quaternaire.

**Palabras clave:** Ecuador, Cangahua, Andes, Volcanismo piroclástico reciente, Paleogeografía del Cuaternario.

**Key words:** Ecuador, Cangahua, Andes, Recent pyroclastic volcanism, Quaternary paleogeography.

#### RESUME

Deux générations de projections pyroclastiques marquent le volcanisme Quaternaire équatorien. Les cendres et lapilli anciens sont antérieurs et contemporains du dernier glaciaire. Les projections récentes sont, par contre, postérieures à la dernière débacle glaciaire. La cangahua s'est formée exclusivement à partir des retombées anciennes. Une phase climatique plus sèche et plus froide que l'actuelle, contemporaine des retombées pyroclastiques anciennes, explique la faible altération de ces matériaux ainsi que leur induration en cangahua. Les dernières retombées anciennes coïncident avec l'apparition d'une période plus humide et plus chaude au cours de laquelle se sont formés des sols humifères. Une ultime période plus sèche explique, en partie, la

faible altération des cendres récentes, mais également l'accumulation de carbonate de calcium sous forme de concrétions caractéristiques des cangahuas.

#### RESUMEN

Dos generaciones de proyecciones piroclásticas caracterizan el volcanismo ecuatoriano. Las cenizas y lapilli antiguos son anteriores y contemporáneos del último glaciario; al contrario/ las proyecciones recientes son posteriores al último derrumbe glaciario. La cangahua se ha formado exclusivamente a partir de las caídas antiguas. La poca alteración de estos materiales y su induración en cangahua se explica por las condiciones climáticas, durante la caída de los piroclastos antiguos, más secas y frías que las actuales. Las últimas caídas antiguas coinciden con la aparición de un periodo más húmedo y más calido durante el cual se han desarrollado suelos humíferos. Por fin sucedió una última época climática, más seca, responsable de la poca alteración de las cenizas recientes y de la acumulación de las concreciones de carbonato de calcio, características de las cangahuas.

## SUMMARY

Two generations of pyroclastic projections mark the Ecuadorian Quaternary volcanism. Ashes and ancient lapilli are previous or contemporaneous of the last glacial. On the other hand, recent projections are subsequent to the last glacial breaking up. Cangahua was exclusively formed from ancient fallouts. A climatic phase, drier and colder than the present one, explains the weak alteration of those materials as well as their induration into cangahua. The last ancient fallouts coincide with the appearance of a warmer and more humid period during which humic soils were formed. An ultimate and drier period explains, partly, the weak alteration of recent ashes but also the calcium carbonate accumulation in concretions, which are typical of cangahuas.

## LES RECOUVREMENTS PYROCLASTIQUES INTERANDINS ET LE PROBLEME DE LA CANGAHUA

Les projections de pyroclastes dans la Sierra d'Equateur se sont produites depuis le début de l'évolution andine, puisque l'on en trouve déjà dans les formations d'âge Crétacé. Celles qui font l'objet de cette étude se rattachent exclusivement aux éruptions Quaternaires, et se composent de retombées aériennes sur une morphologie préexistante.

Parmi les retombées pyroclastiques récentes, deux générations ont pu être mises en évidence. Elles présentent des différences très nettes d'aspect, de caractéristiques et de morphologie suivant les modelés qu'elles ont fossilisés.

## LA PREMIERE GENERATION DE PYROCLASTES

Nous avons donné à la première génération de ces dépôts le nom de "cendres anciennes", c'est

à partir d'elles que s'est formée la cangahua. Cette dernière a globalement un aspect de tuf soudé, de granulométrie fine à moyenne, qui forme un manteau de 10 à 30-40 m d'épaisseur, et se caractérise par la présence d'épaisses couches intercalées de lapilli et ponces, de composition minéralogique identique aux laves de la même phase volcanique. Ces formations ont subi une induration variable d'une couche à l'autre; les phénomènes responsables de ce durcissement sont divers mais presque toujours d'origine secondaire, le durcissement n'étant généralement pas lié au phénomène de mise en place, et font intervenir des cimentations liées à leur composition granulométrique, à la circulation et à la cristallisation de percolations internes, d'origine géologique, pédogénétique ou consécutives à leur mise à l'air libre, mais toujours sous des conditions climatiques à sécheresse bien marquée.

L'étude de leur extension, dans les Andes du nord de l'Equateur, permet d'apporter les précisions suivantes :

- Les affleurements de cendres anciennes cimentées en cangahua sont généralisés sur les sommets plats des remplissages interandins.

- Ils sont aussi présents de façon généralisée sur les versants interandins, mais accusent des ondulations de grande amplitude moulant l'ancienne topographie généralement indépendante du modelé actuel. Les couches sont recoupées, ravinées et disparaissent au niveau de chacune des entailles des "quebradas", dont le creusement est donc postérieur à leur dépôt. La morphologie de ces couches présentes sur les flancs de ces entailles permet ainsi de reconstituer la topographie originelle.

- Mais l'observation la plus significative concerne leur disparition dès que commencent les hautes terres froides des cordillères andines: zones couvertes par les glaciers au maximum de leur extension ou portant des couvertures nivales ou de paramos. Ces émissions sont donc antérieures ou contemporaines du dernier maximum glaciaire Quaternaire.

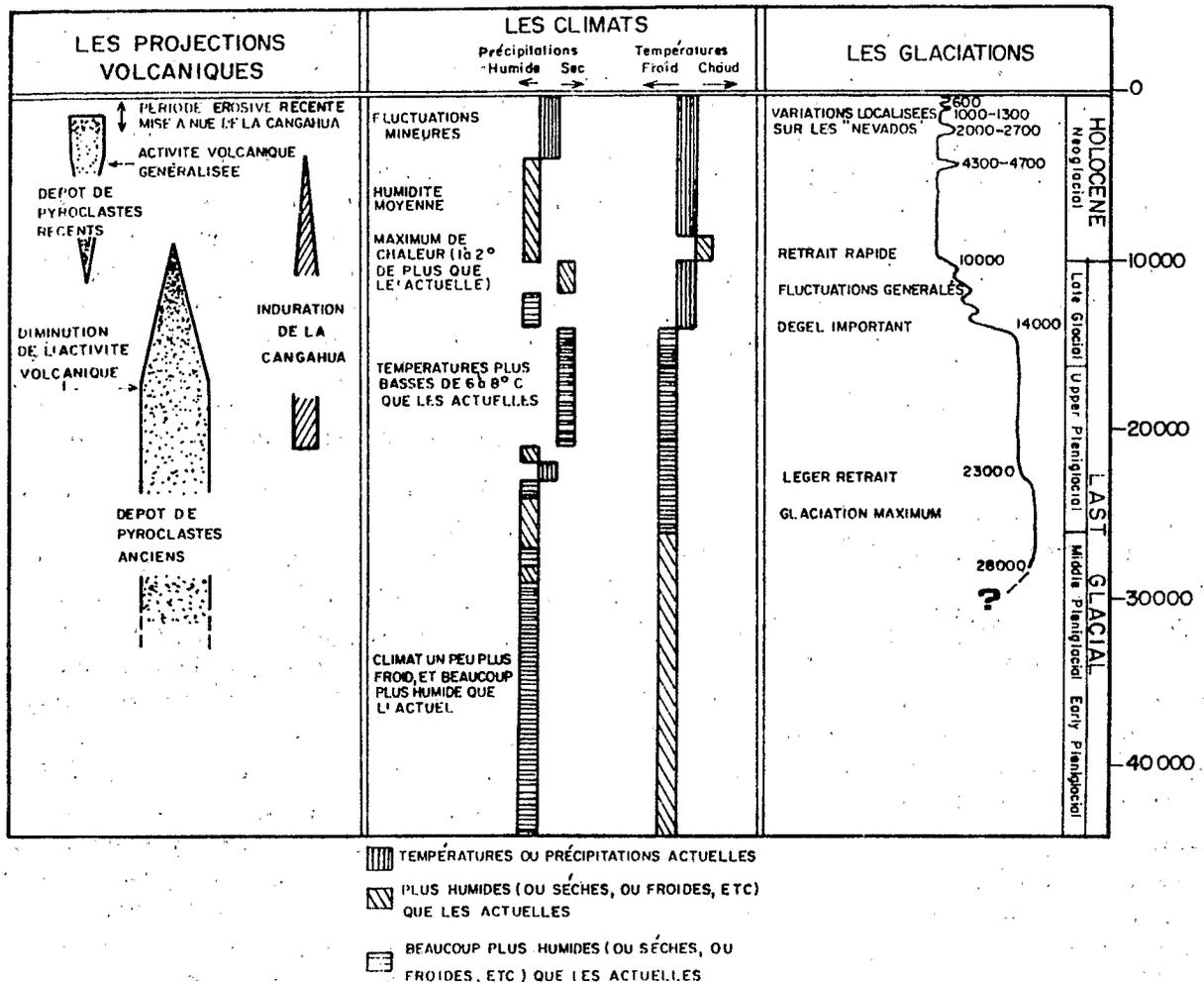


Figure 1. Pyroclastes, climats et glaciations au Quaternaire.

### LA DEUXIEME GENERATION DE PYROCLASTES: LES CENDRES RECENTES

Cette seconde période d'émissions se différencie nettement des retombées précédentes, par des critères d'extension, de répartition et d'évolution interne :

- Il s'agit d'une superposition de couches alternées, décimétriques à multi-décimétriques, de sables moyens à grossiers gris-jaunâtre à gris-bleuté, de lapilli centimétriques blanc-jaunâtre et de cendres noirâtres.

- Elles ont gardé toutes les caractéristiques physiques du dépôt originel, sont beaucoup

moins altérées que les projections anciennes et ne sont pratiquement jamais indurées. Cette grande différence d'évolution entre deux formations souvent superposées implique soit une différence dans les processus de mise en place, soit un net décalage temporel accompagné de changements marqués des conditions climatiques.

- Elles recouvrent uniformément la plupart des paysages interandins; elles sont en particulier les seuls pyroclastes présents sur les hautes terres froides à la morphologie glacio-nivale, où elles recouvrent les surfaces et rochers râpés par les glaciers ou les dépôts morainiques fluvio-glaciaires.

Il apparaît donc évident que cette émission est postérieure à la déglaciation qui a suivi le dernier maximum glaciaire. Comme elle fossilise la topographie postérieure au creusement des principales entailles caractéristiques du milieu interandin, il est raisonnable d'attribuer cette phase de creusement à la période de fort écoulement qui a caractérisé la fonte de la dernière couverture glaciaire. Les grands traits de la morphologie de surface des Andes d'Equateur sont donc hérités de cette période.

### RECONSTITUTION DE L' EVOLUTION PALEOGEOGRAPHIQUE RECENTE

Les résultats des datations par  $C^{14}$  (Winckell et Zebrowski, à paraître) et la comparaison avec les résultats obtenus par ailleurs en Colombie (Van der Hammen *et al.*, 1981) et en Bolivie (Argollo *et al.*, 1987) nous permettent de proposer la chronologie suivante (Figure 1).

Les émissions anciennes ont débuté avant 42 200 ans. Des échantillons prélevés vers la base de ces dépôts ont respectivement été datés à  $37\,300 \pm 1\,700$  ans vers El Angel et plus de 42 000 ans à San Miguel de los Bancos.

Elles se sont poursuivies sans interruption majeure jusque vers 17 150 ans, et se terminent vers 11 600-8 390 ans au moins.

Sur les hautes terres des cordillères, les produits des émissions anciennes tombaient donc sur des zones caractérisées par une couverture glacio-nivale (maximum glaciaire entre 28 000 et 14 000 ans en Bolivie). Aux altitudes inférieures, elles fossilisaient les reliefs existants alors que le climat était plus froid (de 6 à 8°) et beaucoup plus sec qu'actuellement, selon les données obtenues en Colombie. Ces conditions climatiques expliquent l'homogénéité de ces dépôts, à l'altération peu avancée et relativement constante sur toute leur épaisseur, et l'absence d'horizon humifère intercalé, aucune période assez humide n'ayant permis leur développement.

Il est aussi probable qu'une grande partie des indurations datent de cette époque, elles sont parfaitement compatibles avec les conditions climatiques régnantes. La présence de fortes cimentations, même à grande profondeur et les variations en fonction des différents dépôts incitent à proposer une induration contemporaine ou légèrement postérieure aux dépôts. Il n'est pas exclu non plus, que l'induration, par percolation et précipitation de solutions provenant des retombées plus récentes, se soit poursuivie, au moins au niveau des couches supérieures, pendant les périodes sèches qui ont suivi.

Deux séries d'événements importants ont marqué cette première phase:

- Certaines séquences de cendres anciennes, déposées en profondeur, en couverture des remplissages volcano-sédimentaires des bassins interandins ont enregistré les marques de la tectonique interandine. Elles se présentent alors sous forme de couches affectées de forts plissements, ou par de petits accidents cassants.

- Aux étages supérieurs, ces retombées de cendres anciennes ont été affectées par des paléosolifluxions importantes, reconnaissables par l'enchevêtrement d'horizons humifères anciens enterrés. Cette phase, bien représentée sur les paramos du sud, entre Cañar et Saraguro par exemple, a été datée entre 32 000 et 26 700 ans BP, ce qui correspond à une période reconnue comme nettement plus humide et avec un climat légèrement plus froid que la période actuelle.

Le recul rapide des glaciers observé entre 14 000 et 10 000 ans en Bolivie, se produit sensiblement à la même époque en Equateur. Quelques surfaces récemment déglacées sont recouvertes par des émissions terminales de cendres anciennes vers El Angel ou au pied du Chimborazo par exemple. Cette déglaciation provoque une forte alimentation du réseau hydrographique, qui devient puissamment érosif sur les reliefs de la Sierra où il élabore la majorité des entailles, ravinant ainsi les projections anciennes. La forte charge en matériaux apportés par la fonte des calottes glacio-nivales entraîne

des alluvionnements dans quelques secteurs déprimés des bassins interandins (Latacunga, Riobamba), mais surtout à l'aval, aux débouchés sur les piémonts des régions amazoniennes et côtières.

Ce réchauffement du climat se traduit en Equateur, par la formation d'épais horizons humifères quasi-continus, au sommet des dépôts de cendres anciennes. Ce sont ces horizons qui, fossilisés, permettent de dater les premières phases des retombées des cendres récentes. La pédogénèse devient particulièrement intense à partir de 10 000 ans, période à laquelle est attribuée le maximum de chaleur: entre 10 000 et 8 500 ans, le climat est en Colombie plus chaud de 1 à 2° que l'actuel et d'une humidité moyenne.

Les dernières étapes de cette déglaciation ont plus ou moins coïncidé avec les premières retombées généralisées de cendres récentes. Leur base a été datée à 11 600 ans (El Angel) et 8 390 ans (Cotopaxi); elles se sont généralisées ensuite dans toute la Sierra jusque vers 1 620 ans (Mindó), des échantillons vraisemblablement plus récents étant en cours d'analyse.

Ces retombées ont globalement gardé leurs caractères texturaux originaux. Cette absence d'évolution doit être mise en relation avec leur âge récent, mais aussi avec une nouvelle phase d'assèchement du climat, contemporaine de cette seconde phase d'éruptions. C'est probablement au cours de cette période que des accumulations de carbonate de calcium se sont déposées au niveau de certaines discontinuités à la partie supérieure de la séquence des cendres anciennes.

Cette seconde génération est évidemment post-glaciaire, puisque d'une part, ses produits fossilisent les surfaces et dépôts dégagés par le retrait des glaciers, et d'autre part, recouvrent les versants des entailles et les dépôts de piémont

concomitants élaborés au cours de la phase de déglaciation précédente. Il est enfin intéressant de noter qu'elles sont le plus souvent concordantes avec la topographie actuelle.

Depuis cette date, les changements climatiques notés en Bolivie, accompagnant une lente dégradation du climat avec des alternances de périodes plus froides et de cycles d'assèchement ne se traduisent avec évidence, en Equateur, que par des fluctuations locales des glaciers de vallée autour des principaux "nevados", qui ont laissé plusieurs générations d'arcs morainiques superposés.

Il apparaît donc que les traits majeurs du relief interandin et en particulier le réseau des "quebradas" interandines sont relativement figés depuis environ 10 000 ans, et que les retouches morphogénétiques postérieures s'apparentent surtout à des remodelages locaux et à des modifications de détail. Il en est ainsi de l'atténuation des différenciations topographiques suite à la fossilisation par les cendres récentes, mais aussi de tous les processus d'érosion superficielle, du décapage des couches de cendres supérieures et de la mise à nu des superficies de cangahua.

## CONCLUSION

La cangahua s'est donc formée à partir de retombées pyroclastiques anciennes qui se sont indurées surtout au moment de leur dépôt, alors que régnaient des conditions climatiques relativement sèches. Les sols humifères que l'on observe au sommet de ces projections anciennes se sont formés au cours d'une période postérieure plus humide et les derniers apports de ciments, essentiellement calcaires, se seraient déposés durant la dernière période sèche.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARGOLLO, J., PH. GOUZE, J.F. SALIEGE et M. SERVANT. 1987. Fluctuations des glaciers de Bolivie au Quaternaire récent. *Géodynamique* 2: 103-104.

VAN DER HAMMEN, T., J. BARELDS, H. DE JONG et A.A. DE VEER. 1981. Glacial sequence and environmental history in the Sierra Nevada del Cocuy (Colombia)-Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology 32: 247-340.

WINCKELL, A. et C. ZEBROWSKI. Quelques aspects de l'évolution Quaternaire dans les Andes d'Equateur (à paraître).