

DP 917

ORSTOM

Institut Français de  
Recherche Scientifique pour  
le développement en coopération

PARIS - FRANCIA

E P N

Escuela Politecnica  
Nacional  
Facultad de Geología  
Minas y Petroleos

QUITO - ECUADOR

I P G H

Institut Panaméricain de  
Géographie et Histoire.

Rapport de Stage

Modèle de glissements associés à une tectonique d'effondrement dans la  
dépression de Guayllabamba.

Province de Pichincha - Equateur

Par Marc DESCLOITRES ( Etudiant à l'Institut de Recherches interdisci -  
plinaires de Géologie et de Mécanique - Grenoble - France )

( Stagiaire ORSTOM )

FDI 00012338

ORSTOM Documentation



020006145

Q1 550.1  
DES

QUITO - 1985

## TABLE DES MATIERES

### I. Présentation Générale

- 1°) Situation Générale ( Fig. 1: Carte de localisation )
- 2°) Etudes réalisées antérieurement

### II. Stratigraphie Sommaire ( Fig. 2: Table)

### III. Etude de la chronologie des déformations et des érosions dans la dépression de Guayllabamba.

Introduction Modèle ( Fig. 3: Failles observées en photos aériennes)

#### A) Déformations et érosion dans la Formation San Miguel -(Ps)

- 1°/A Phase slumping
- 2°/A Phase d'écaillage ( sliding ) (Fig. 4 ) Axe des plis
- 3°/A Phase d'effondrement (Fig.5) Axes d'extension
- 4°/A Erosion

#### B) Déformation et érosion dans la Formation Volcanicos Guayllabamba(PB)

- 1B) Phase de labars et Slumping.
- 3B) Phase de failles normales. ( Fig.6: Axes d'extensions)
- 4B) Phase d'érosion.

#### C) Déformations et érosion dans la Formation Chiche (Pch)

- 1C Phase de Slumping
- 2C Phase d'écaillage
- 3C Phase de failles normales(Fig.7 carte des axes d'extension)

#### D) Déformations et érosion dans la Formation Cangahua(Qc)

- 1D Phase de Slumping-Sliding
- 2D
- 3D Phase de Failles Normales

#### E) Evolution Générale

- 1° Synthèse des déformations et érosions (Fig.8)
- 2° Chronologie des Déformations (Fig.9)
- 3° Conclusion.

IV APPENDICES

- APPENDICE 1 - Méthodes d'étude des axes de plis et des systèmes de failles.
- APPENDICE 2 - Localisation des affleurements et des failles inverses et normales.
- ANNEXE 1 - Guide Géologique des Déformations de la Dépression de Guayllabamba par Marc Descloîtres et François Dugas.

## I. Présentation Générale.

1°) La dépression de Guayllabamba est située dans la partie Nord de la Sierra, dans la Vallée interandine. Elle <sup>est</sup> bordée à l'Ouest par la Cordillère Occidentale et à l'est par la Cordillère réal qui sont séparées par la grande faille Romeral-Guayaquil.

La dépression est comprise entre les méridiens 78°25' et 78°15' de longitude ouest et les parallèles 99,85 Sud et 00,05 Nord.

Elle se trouve à 25 Km. au Nord de Quito, d'environ 400 Km<sup>2</sup> de superficie, et est accessible en prenant la Panaméricaine en direction de Tabacundo et Cayambe.

La courbe de niveau minimale est de 1500 m. environ au fond de la Gorge du Río Guayllabamba.

La courbe de niveau atteint 4000 m. au Sommet du Volcan Mojanda.

L'altitude moyenne peut être estimée à 2200 m. environ.

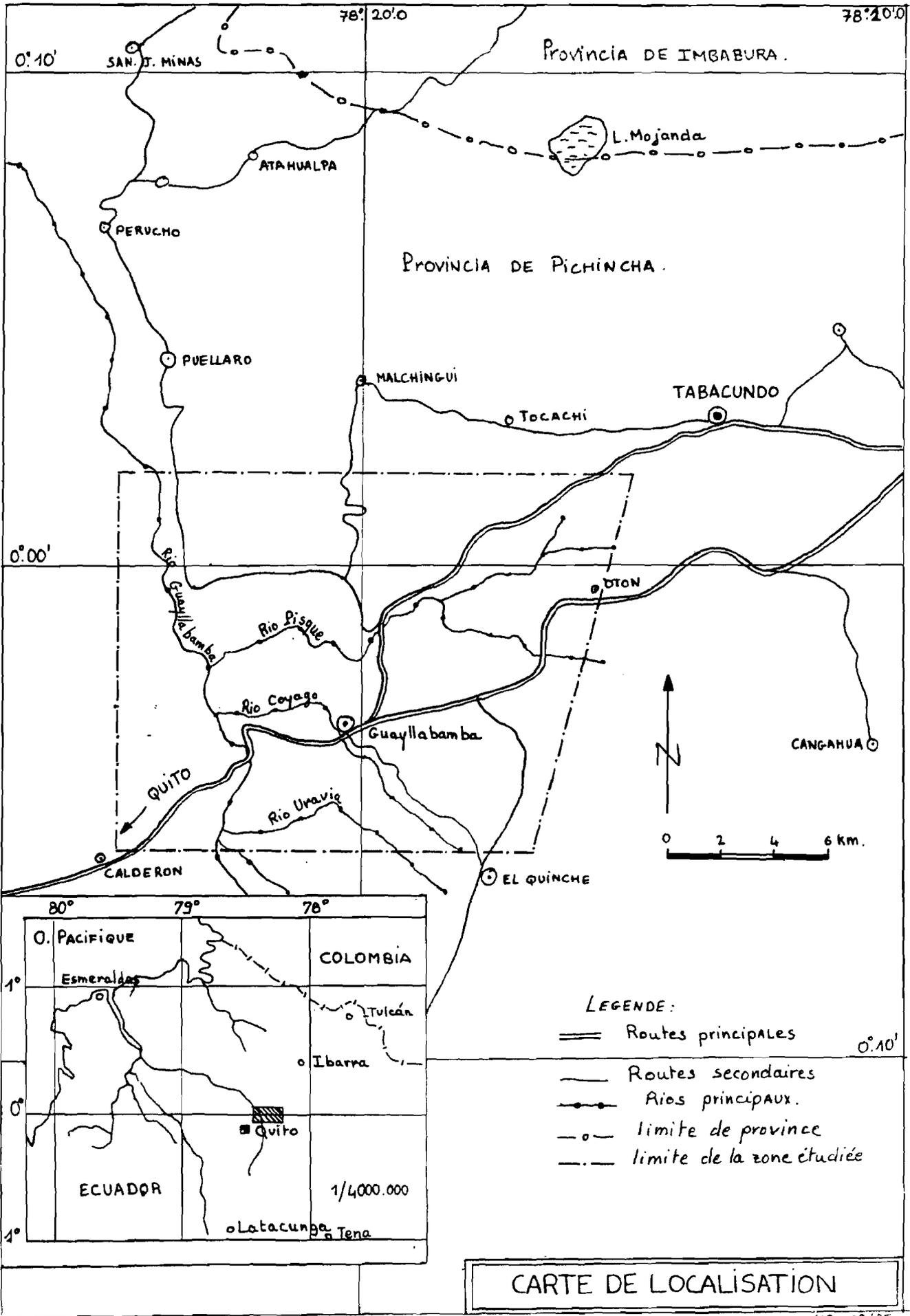
La dépression de Guayllabamba est remplie par des dépôts Lacustres, Lagunaires, Fluviaux et Volcano-Sédimentaires de type lahars Puffs, cendres et brèches.

La tectonique de la Zone de Guayllabamba peut être définie dans l'ensemble par une Tectonique de bassin d'effondrement, présentant une morphologie de blocs, de failles normales et de plissements gravitaires.

### 2°) Etudes antérieures réalisées

- BASABE, P. (1980) "Estudio Geológico Estructural entre Perucho y Guayllabamba".
- CORNEJO, W. (1980) "Geología de la Zona entre San Antonio de Pichincha y el Río Guayllabamba".
- FAUCHER, B, SAVOYAT, E. (1975) - "Esquisse Géologique des Andes Equatoriennes".
- HALL, M, RAMON, P. (1978) "Estudio microsismico del valle Interandino entre Latacunga et Guayllabamba" DNDC - Quito.
- HERRERA, J. (1965) "Estudio del Valle de Guayllabamba" SNGM - Quito.
- SAUER, W "Géologie Ecuador" (1971)
- SEVILLA, J. (1977) "Proyecto hidroeléctrico Guayllabamba". INECEL Inedit Quito.

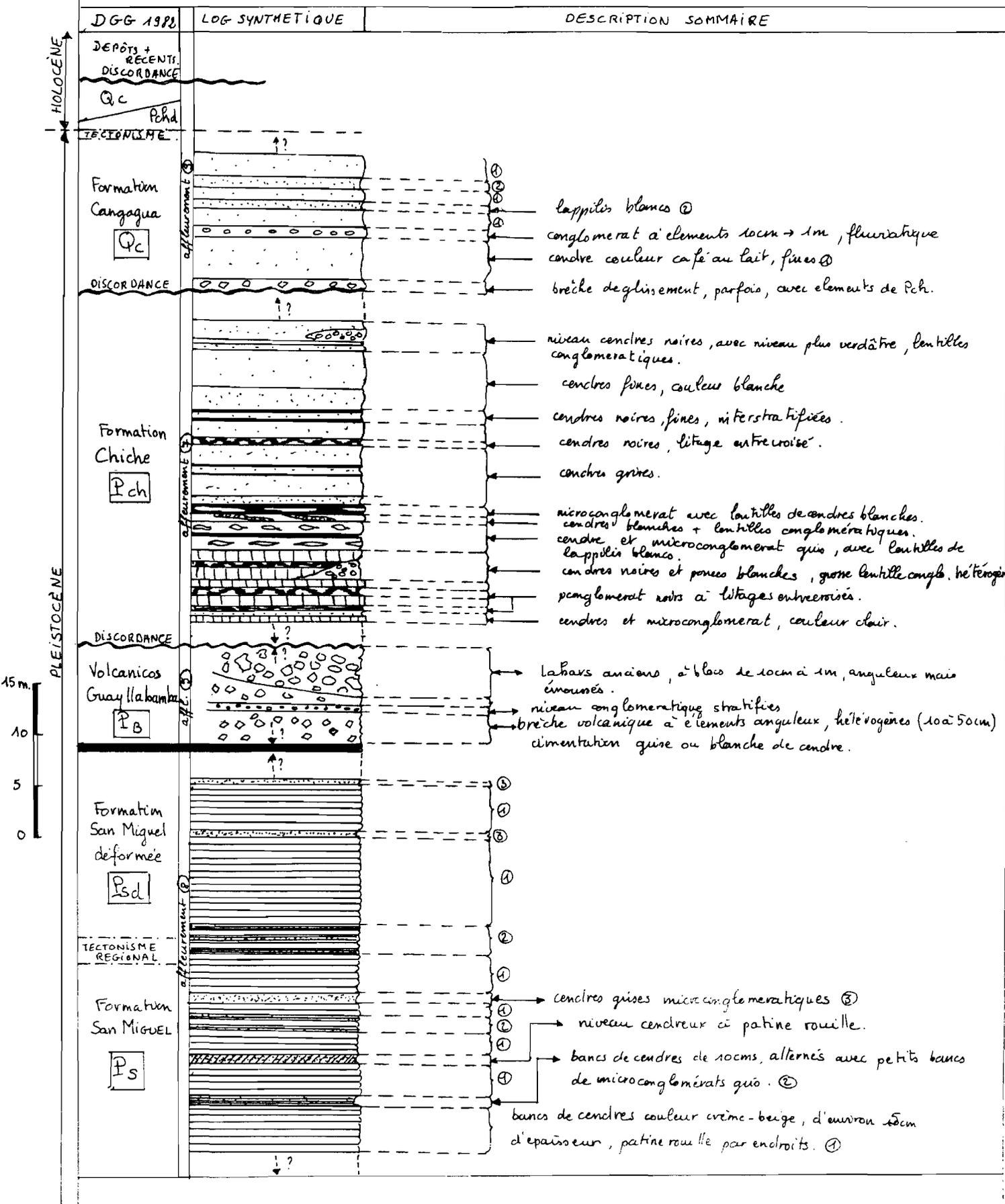
Fig. 1



CARTE DE LOCALISATION

## II Stratigraphie sommaire

On trouvera dans les travaux de CORNEJO (1980) et BASABE (1980) une description plus complète des formations. La planche ci-dessous ne présente que des coupes partielles. Elles font néanmoins apparaître quelques critères de reconnaissance.



### III. Chronologie des déformations et des érosions de la Dépression de Guayllabamba.

#### Introduction : Modèle

Le travail présenté est un complément de l'étude structurale faite par l'ingénieur BASABE ( étude reposant sur une analyse statistique des directions et plangements des failles existantes dans la dépression). Les types de déformations ont été décrits dans les travaux antérieurs précédemment cités: Plis de Slumping, Sliding, failles normales et inverses. La Fig. 3 rend compte des failles en photo interprétation. Un modèle schématique d'évolution logique de glissement gravitaire et d'effondrement montre la succession suivante:

- 1°) Phase de Slumping définie comme une étape encadrée par des couches à stratification normale, quelque soit leur ampleur.
- 2°) Phase de Sliding définie comme une étape produisant des écaillages, des failles inverses avec ou sans plis.
- 3°) Phase d'effondrement en réseau de failles normales.
- 4°) Phase d'érosion.

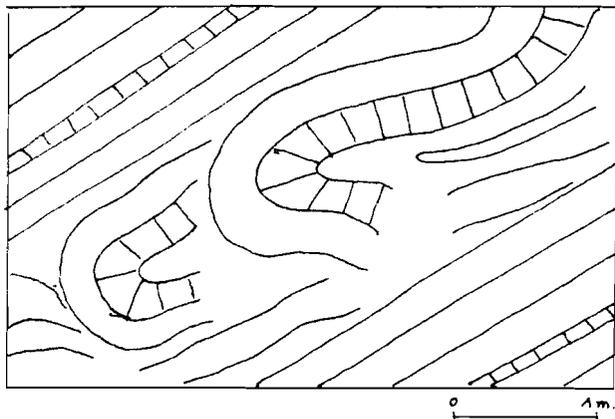
Sont présentées ci-après les différentes phases des Déformations et d'érosions avec les formations qu'elles affectent et autant que possible en respectant leur chronologie.

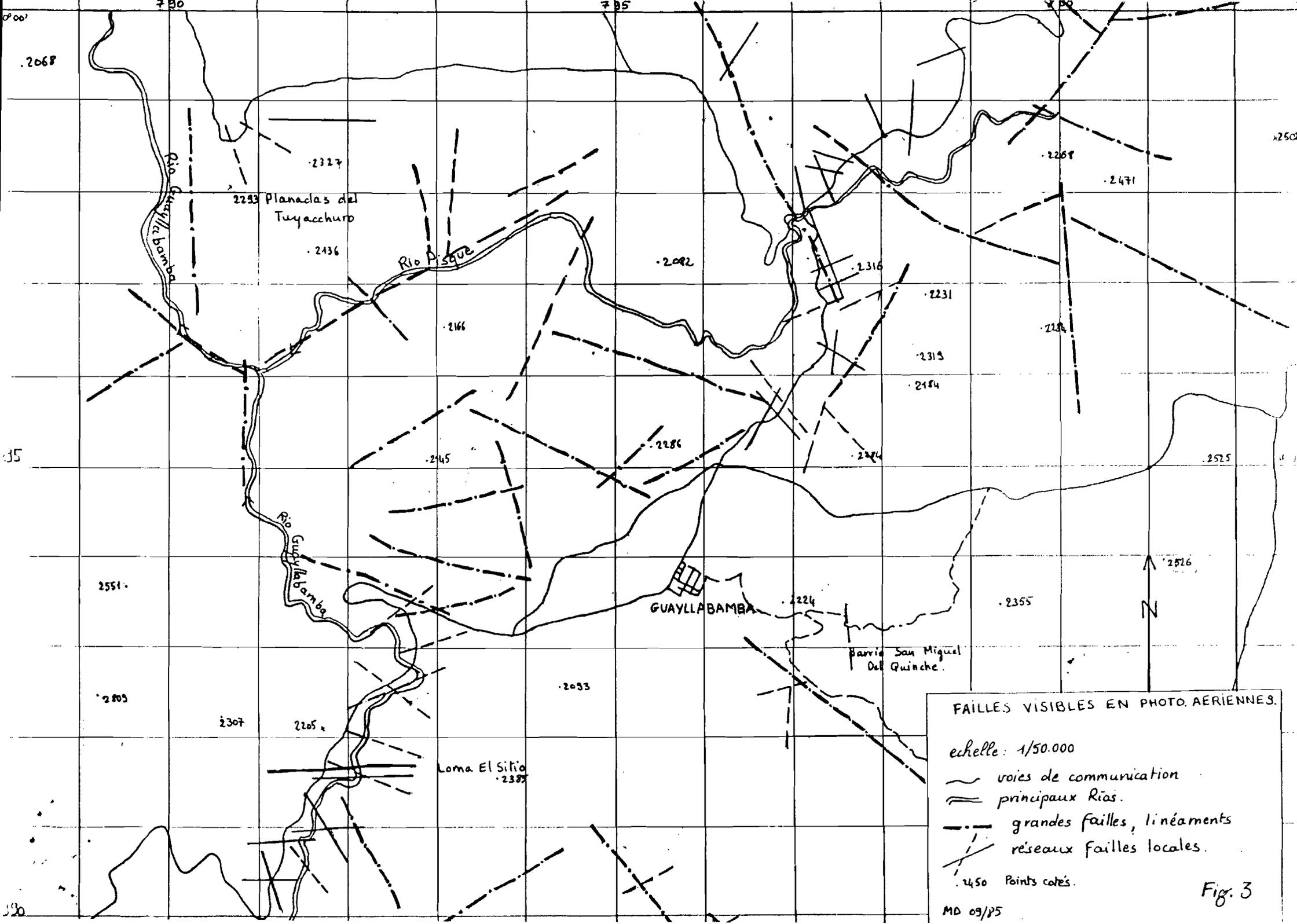
Si la séparation, en différentes phases s'avère nécessaire par la complexité d'organisation dans les Formations, il ne faut voir ici qu'une Schématisation: Ces phases sont avant tout progressives dans le temps pour la majorité des cas.

#### A. Déformations et érosion dans la Formation San Miguel (Ps)

Pendant le dépôt de la Formation en lits fins de 4 à 10 cms en moyenne dans un milieu non consolidé, une première phase apparaît:

- 1A. Phase de Slumping: Cette phase induit deux types différents de plis
  - a) Plis de faible amplitude: Caractéristiques d'une faible pente, observables aux affleurements 8,11,14,19,20,21; ces niveaux plissés sont encadrés par une stratification normale:

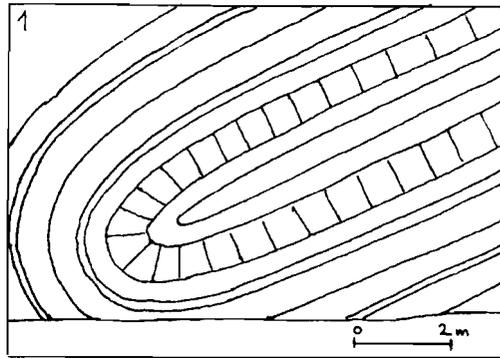




La stratification en petits lits fins, dans un milieu liquide non consolidé, est mécaniquement favorable à la Formation de petits Slumps, mais aussi de Slumps de plus grande amplitude:

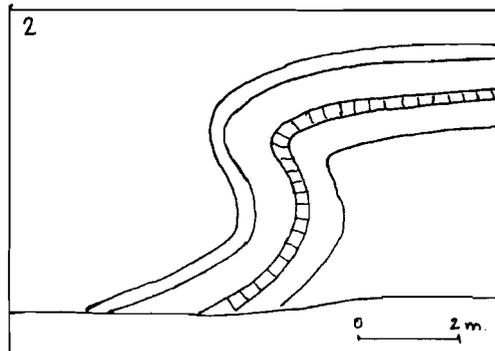
b) Plis de grandes amplitudes:

Ces plis, légèrement postérieurs aux précédents puisqu'ils reprennent souvent les petits Slumps dans leur mouvements (affleurement N° 11), Présentent une morphologie caractéristique de glissement par gravité:



Type 1 : Pli couché / affleurement 49

Type 2 : Presence d'un flanc court et flanc long (affleurement 24)



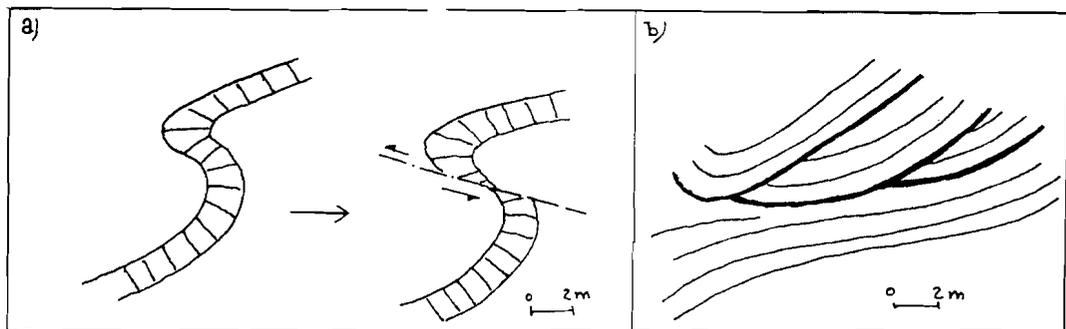
On observe au coeur de ces plis de petits systèmes de failles inverses, dues à la compression des couches.

Quelques replis peuvent aussi apparaître dans la charnière (l'affleurement 24 présente ces caractéristiques).

L'étude des axes de ces plis est faite pour plus de commodité à la phase suivante:

2A. Phase d'ecaillage. ("Sliding")

Une semi-consolidation de la Formation Ps apparaît: la roche devient mécaniquement favorable à l'apparition de failles et d'ecaillage:



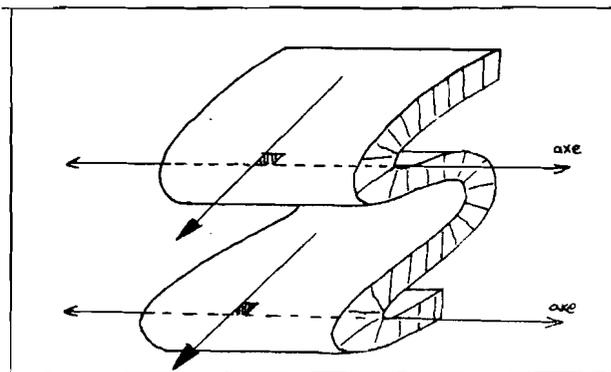
- a) Failles Inverses: A pendage faible, elles peuvent néanmoins présenter de forts pendages lors du redressement de certains blocs (phase 3). Un bon exemple en est donné aux affleurements N° 10 et 21.
- b) Ecaillage: Synchrones de la phase 2A, on peut en observer à l'affleurement 49.

Etude de l'axe de ces plis écaillés et faillés:

La méthode utilisée est décrite en appendice 1.

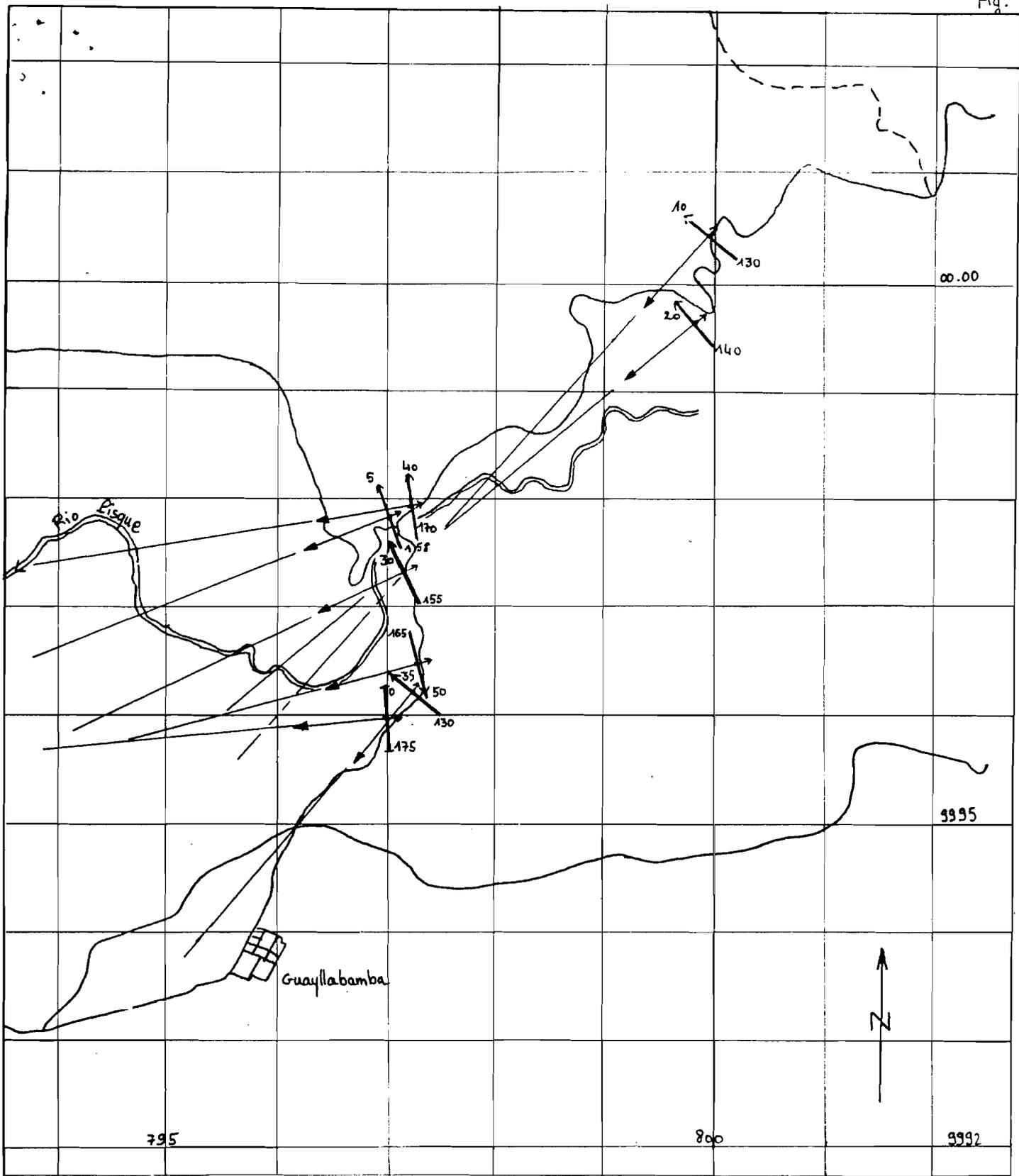
Les plis sont essentiellement localisés entre les latitudes 9996 et 0001 et les longitudes 796 et 800.

La direction Générale des axes est comprise entre N 130° et N 175° (NW-SE et N-S), sans exception. On peut raisonnablement supposer que les directions de Slumping étaient perpendiculaires à l'axe de ces plis selon le schéma suivant:



En l'absence d'une schistosité nette, perpendiculaire à cette direction d'écoulement", on ne peut savoir quel est le plongement exact de cette direction. On peut néanmoins supposer que l'ensemble de ces plongements ont un pendage vers le NW, vers l'actuelle position du Río Pisque. En effet d'après les linéaments qu'il présente et la morphologie générale de la dépression, semble re-creuser sensiblement au même endroit les Formations.

Sur la carte ci-après sont présentés les axes et les directions d'écoulement aux axes



CARTE DES AXES DES PLIS  
 (FORMATION SAN MIGUEL)  
 échelle : 1/50.000

— routes principales  
 ~~~~~ Rio Pisque

30° — axe du pli  
 155 — plongement probable

MO 03/85

On peut conclure à l'existence d'une pente suffisamment forte, probablement inclinée vers le SW, pour générer des plis par gravité, avec une phase d'écaillage, dont les axes présentent une direction moyenne NNW-SSE. La pente suffisamment forte peut laisser supposer un début de flexure du bassin, annonçant le début de l'effondrement.

. Les axes des plis plongent dans l'ensemble de 0 à 40° vers le NW à l'exception du point 26, ici l'axe plonge de 50° vers le SE.  
Ces forts plongements peuvent s'expliquer de deux façons:

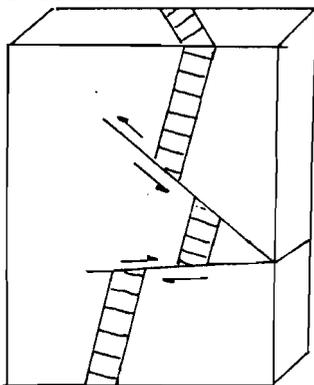
- Soit parce que la pente existant alors était ondulée, présentant Talwegs et crête.
- Soit beaucoup plus probablement, par le fait que les plis sont actuellement inclus dans des blocs effondrés (phase 3), Celle-ci a modifié, sans aucun doute, le pendage initial sans affecter les directions, les blocs ne pouvant tourner sur eux-mêmes.

Ces phases 1A et 2A constituent la Formation Psd de la carte au 1/25000, et sont en fait le début du premier Tectonisme régional.

### 3A Phase de failage normal

Elle correspond au début de l'effondrement proprement dit. Cette phase est progressive dans le temps, bien que pouvant être séparée en plusieurs étapes, suivant les formations qu'elle affecte.

- a) Distinguons une phase en failage normal, affectant des couches sub-horizontales ou légèrement plissées, et une phase plus tardive découpant des blocs à l'échelle régionale, produisant aussi des failles plus locales: En effet:
- 1°) On retrouve sur le terrain des zones où les couches sont sub-Verticales, failles apparemment en failles inverses:  
Exemple à l'affleurement 22:



- 2°) L'étude en photo aérienne Montre de grands linéaments, découpant la région en blocs individualisés, rendant possible les pendages sub-verticaux dans certains blocs. (Fig. 3)

b) Systèmes Locaux de failles normales:

Difficilement dissociable de la phase 3A ces systèmes affectent la Formation Ps. Toute entière.

c) Résultats:

Ils sont présentés sur la planche .5. (uniquement la Formation San-Miguel).

Les directions d'extension X ne présentent pas d'orientations privilégiées. Cependant, si l'on prolonge virtuellement ces directions, 5 d'entre elles (sur 7 points de mesures dans la Formation Psd) se recoupent grossièrement dans une zone à 1 Km. environ au NW de Village de Guayllabamba.

Cela constitue un pôle virtuel d'effondrement. Ce pôle n'est pas unique, car d'autres directions différent.

Néanmoins, la tendance générale de ces directions montre un effondrement localisé au sud du Río Pisque.

Cela est en parfait accord avec la direction de glissement donné par l'axe des plis, c'est-à-dire vers le sud-ouest de la zone où ils se localisent.

4A Phase d'érosion:

Cette phase est générale dans la nouvelle dépression : entaillant les plis, cours d'eaux suivant les failles nouvelles. Elle crée une morphologie probablement semblable à celle qui existe aujourd'hui. Ensuite sur la Formation Ps érodée se déposent en discordance les Formations suivantes.

B Déformations et érosion dans la Formation Volcanicos de Guayllabamba

1B Phase de lahars et Slumping.

Les niveaux de Slump sont rares, et n'affectent que des couches bien stratifiées (Affleurement 14).

Les lahars indiquent un dépôt sur une pente qu'est la surface d'érosion de la Formation de San Miguel Psd.

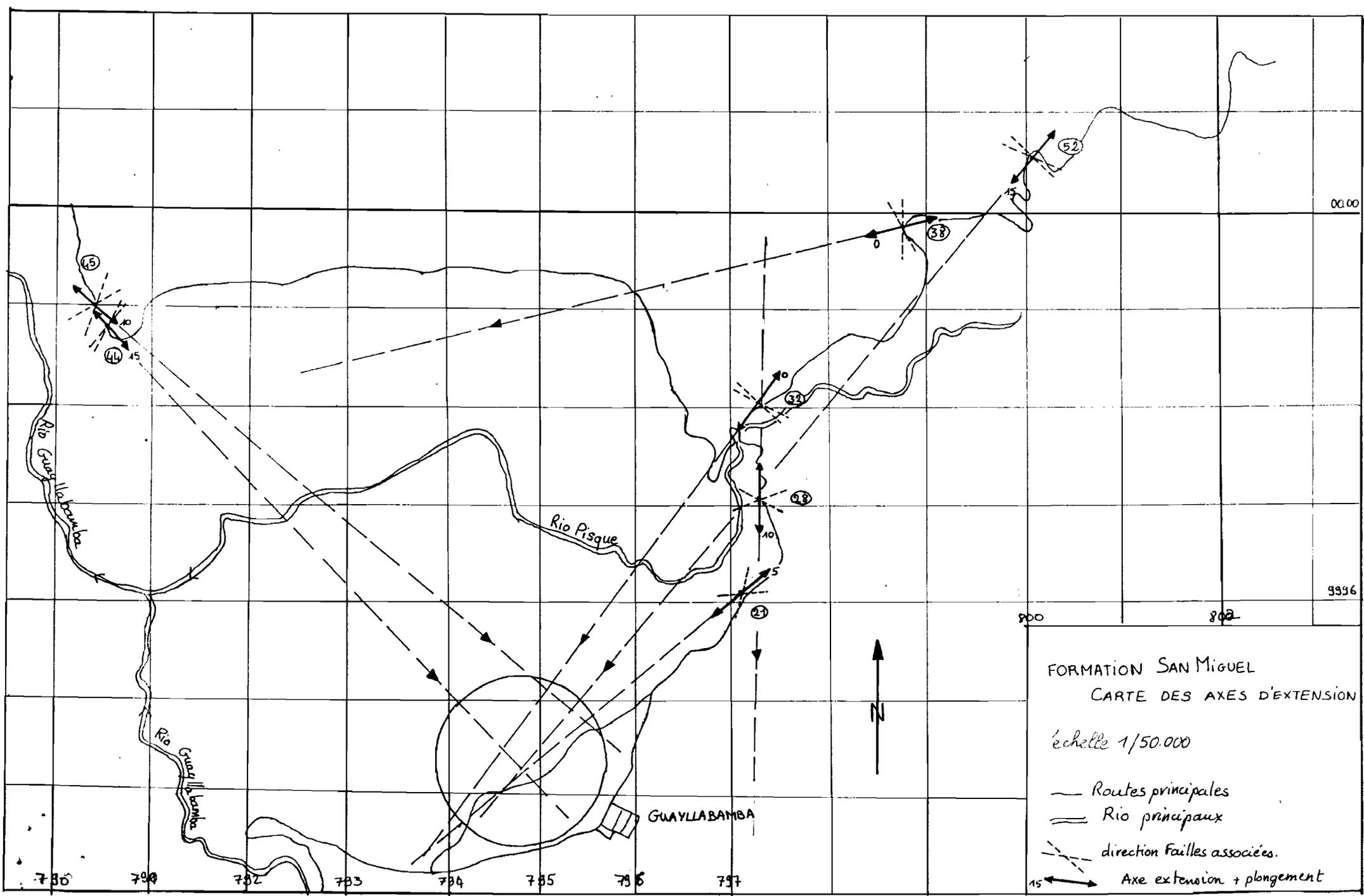
2B Phase d'écaillage (Sliding): inexistante.

3B Phase de Failles normales.

L'effondrement continu. les failles sont visibles grâce à quelques niveaux conglomératiques stratifiés (affleurement type N° 5)

Carte des directions d'extension pour la Formation Pb (Fig.6):

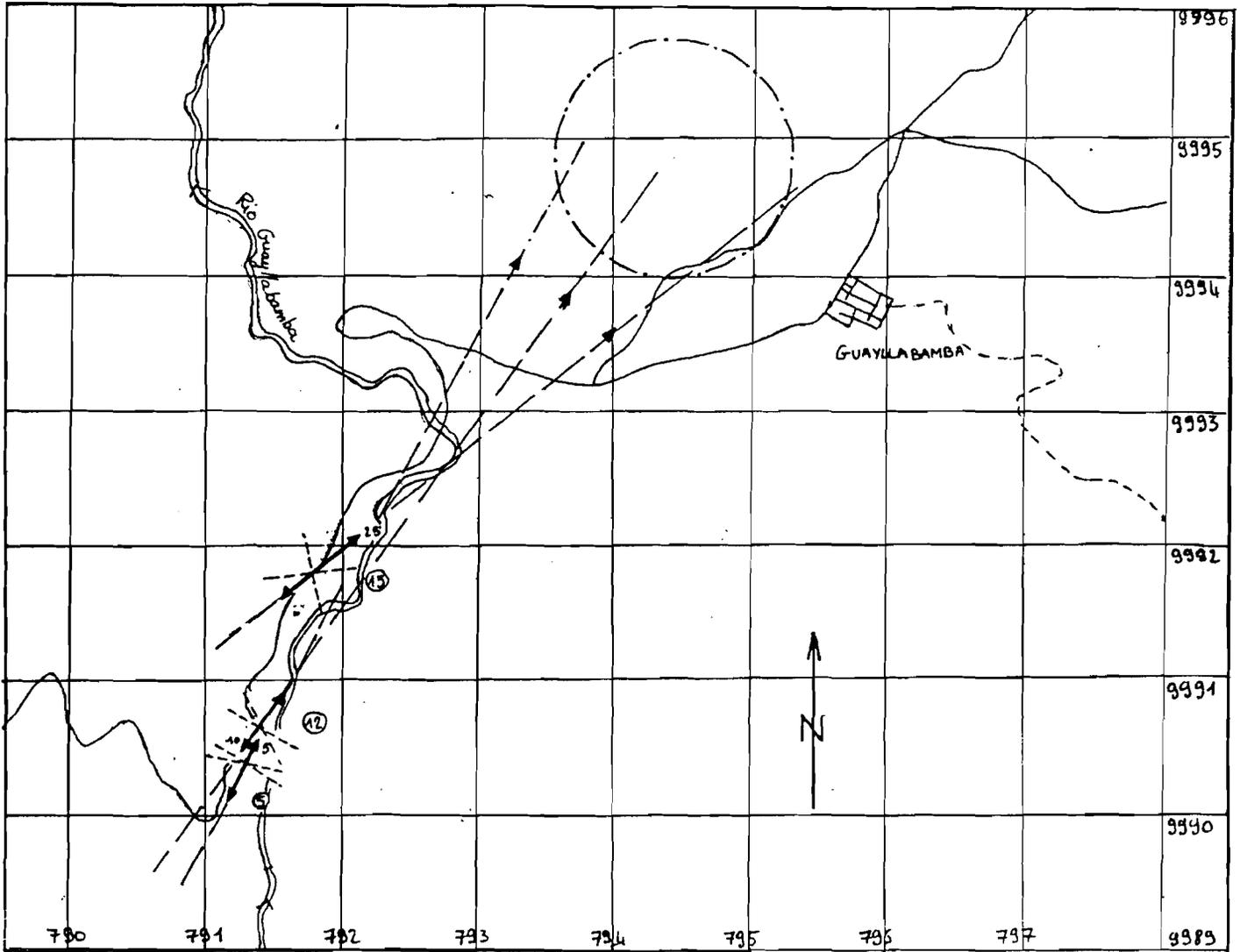
Fig. 5



FORMATION SAN MIGUEL  
 CARTE DES AXES D'EXTENSION

échelle 1/50.000

- Routes principales
- == Rio principaux
- - - direction failles associées.
- 15 ← → Axe extension + plongement



FORMATION VOLCANICOS GUAYLLABAMBA.  
CARTE DES AXES D'EXTENSION.

- Routes principales
- == Rio Guayllabamba
- ↘<sup>15</sup> axe et plongement
- X Failles associées

- 1/50.000 -

MO 05/85

## Résultats :

Le peu d'affleurements "exploitables" (Aff. 5,12 et 15), montre une direction d'extension orientée vers le NW (N 25° à N 50°). Cela est en accord avec les directions d'extension de la Formation Ps qui indiquent un pôle virtuel au Nord-Ouest de Guayllabamba. Ce pôle est ici plus difficile à déterminer, les affleurements n'étant pas dispersés autour de ce pôle; Ce pôle pourrait tout aussi bien se situer au sud-ouest, mais il est logique de le situer vers le centre supposé de la dépression.

4B. Phase d'érosion: Cette phase peut être une continuation de la phase d'érosion 4A, mais aussi une phase d'érosion postérieure, car la Formation Chiche s'est déposée par endroits en discordance sur la Formation Ps par suite de l'absence de la Formation Volcanicos de Guayllabamba.

### C. Déformation et érosion dans la Formation Chiche (Pch) :

#### 1C. Phase de Slumping

Le dépôt de la Formation Chiche est horizontal, parfois biseauté sur la pente existante.

Les strates, plus épaisses et hétérogènes sont peu favorable mécaniquement aux slumpings.

Cependant la présence de brèche de glissement et légères ondulations prouve un petit slumping par endroits ( Affleurement N° 7).

#### 2C. Phase d'écaillage ( Sliding)

On trouve des failles inverses affectant les Strates de la Formation Pch, quand celle-ci est visiblement déposée sur une pente:

Affleurements 7 et 40. Cette phase est peu marquée, de même que la 1C, et se rencontre plus rarement que la phase 3C.

#### 3C. Phase de failage normal.

L'effondrement se produit toujours.

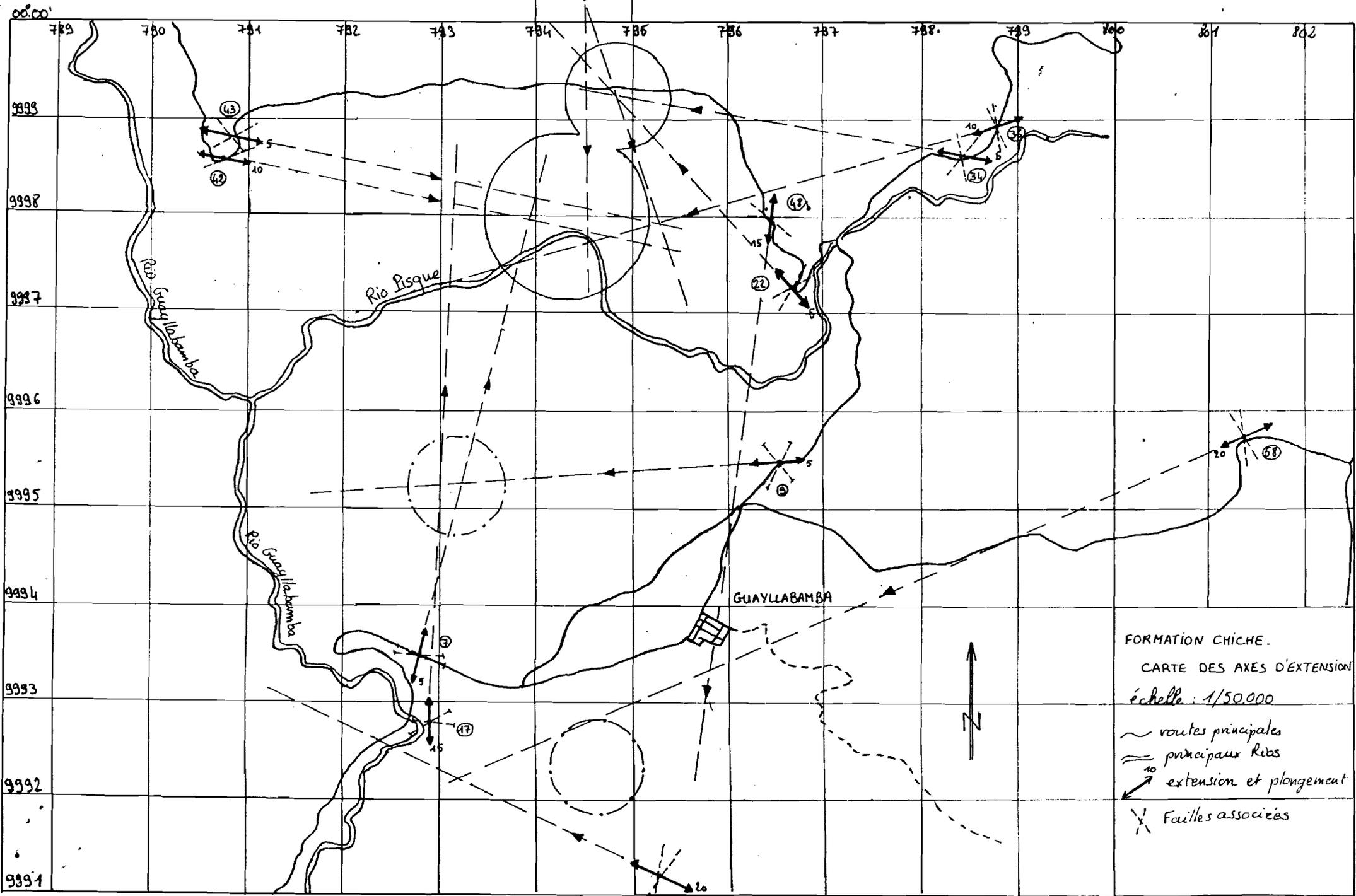
#### Etude des directions d'extension (Fig. 7)

La carte d'extension, regroupant 13 affleurements, répartis dans toute la zone ne montre pas une direction d'extension privilégiés.

Par contre, on peut observer grosso-modo 4 pôles d'extension:

- Un pôle peu marqué au SW de Guayllabamba. ( 794,5/9992,5)
- Un pôle situé au NW de Guayllabamba ( 793,2/9995,2)
- Un pôle situé au NNW de Guayllabamba ( 794,3/9998 )
- Un pôle situé au N de Guayllabamba ( 794,8/9999,3)

Fig. 7.



FORMATION CHICHE.  
 CARTE DES AXES D'EXTENSION  
 échelle : 1/50.000

- ~ routes principales
- == principaux rios
- ↗<sup>10</sup> extension et plongement
- X Failles associées

Cette multiplicité de pôles montre que cette phase 3C est plus généralisé, montrant probablement une disslocation générale dans toute la zone, le "centre" de la dépression devenant plutôt un axe NS d'effondrement. Les pôles trouvés en 3A et 3B se placent eux aussi sur cet axe entre les méridiens 793 et 796.

Cette phase 3C marque le deuxième "Tectonisme Régional".

#### 4C. Phase d'érosion

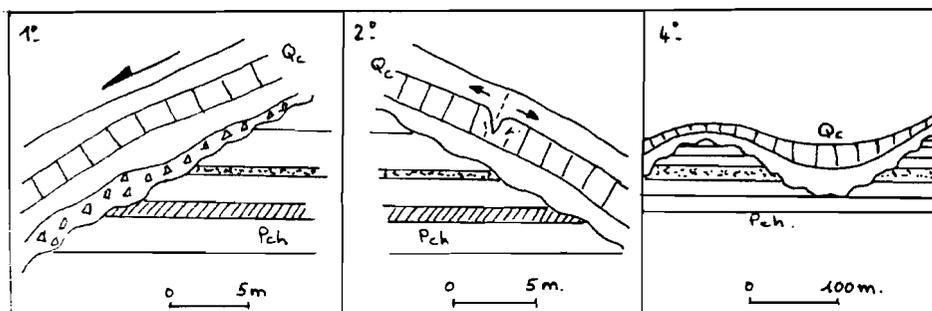
Cette phase est très nette (affleurement type N° 9), généralisé dans toute la zone. Elle forme Thalweg et buttes, relief sur lequel se "moule" la Formation Cangahua en lissant un peu les ondulations.

### D. Déformations et érosion dans la formation Cangahua (Qc)

#### 1D. Phase de Slumping

2D. Phase de Sliding. Ces deux phases n'apparaissent pas nettement dans la Formation. On observe tout de même 4 phénomènes:

- 1°) Des brèches de glissements, en particulier à l'affleurement 9, emballant des éléments anguleux et grossiers de Pch.
- 2°) Des cassures dans des plis de lapillis blancs perpendiculairement à la pente.
- 3°) Des failles inverses pourraient exister (BASABE.THESE 1980) mais seulement comme la manifestation d'un léger glissement. Toutefois, elles n'ont pas été retrouvées aux endroits cités.
- 4°) Un épaissement des couches dans les anciens Thalweg.



On conviendra de regrouper ces phénomènes sous une phase principalement de Slumping 1D-2D.

La Formation Cangahua moule le relief ancien, par son dépôt en majorité éolien de Cendres et lapillis, ce qui lui donne cet aspect ondulé. Affleurement type N° 54.

### 3D. Phase de Faillage Normal

Cette phase est plus difficile à remarquer, la Formation étant très peu stratifiée: les failles ne se remarque que grâce aux rares lits individualisés.

On observe un système net et "exploitable" au point 23, (798,10) (9992,10), montrant une extension X à N 50°, inclinée de 5° vers le NE, avec un système de failles associées N145,70°SW et N135,80° NE

(Ce point est représenté sur la carte d'extension de la Formation Chiche).

On note que les failles affectant la Formation Chiche ne passent jamais dans la Formation Qc: (exemple affleurement N°9).

### 4D. Phase d'érosion

Elle permet la discordance des dépôts récents Lacustres et Alluviaux, en terrasses qui sont entaillées actuellement par les Río Pisque et Guayllabamba et leurs affluents.

L'érosion actuelle constitue la phase 4E.

E.

### EVOLUTION GENERALE

Deux représentations synthétiques sont proposées:

1°) D'une part le tableau qui présente les différentes étapes du modèle de glissement avec un essai de correspondance avec la légende de la carte au 1/25000. Les caractéristiques des différentes phases sont générales: le détail a été décrit aux sous chapitres A.B.C et D.

2°) D'autre part un schéma de la chronologie des Déformations qui est un essai de visualisation des Déformations.

### 3°) Conclusion.

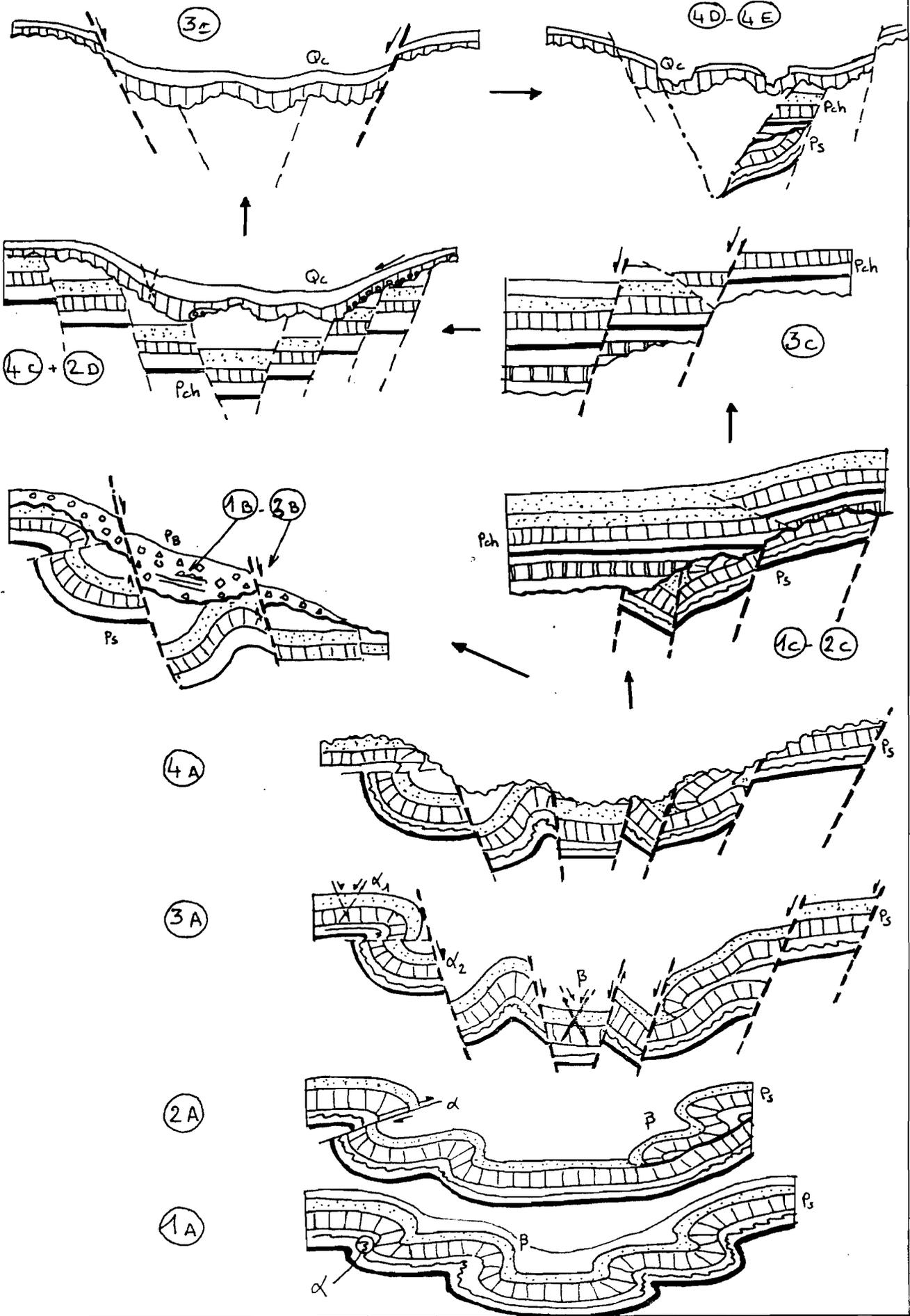
Le modèle proposé met bien en évidence la succession des Déformations.

- Les plis montrent une direction générale de glissement gravitaire vers le SW de la zone où ils se localisent.
- Il y a cohérence des directions d'effondrement des Formations successives selon un axe N-S de convergence.
- Les phases de Tectonisme régional de la carte 1/25000 de la Direction Générale de Geologie des Mines à l'échelle (feuille Guayllabamba). Correspondent aux grandes phases d'effondrement. On situe mieux la 2° phase en 3C qu'est beaucoup plus marqué plutôt qu'en 3D.
- Ces phases d'érosion, créant pentes et buttes, favorisent les glissements par gravité. Le Río Pisque semble avoir été permanent.

| FORMATIONS                                                                           | CARTE<br>1/25.000. | PHASES DE DÉFORMATION ET D'ÉROSION | CARACTERISTIQUES                                                    |                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| RÉCENTES<br>(HOLOCÈNE)                                                               | DISC.              | 4 E                                | Phase d'érosion actuelle.                                           |                                           |
| CANGAGUA<br><br>Qc<br>2 <sup>ème</sup> "TECTONISME REGIONAL"<br>DISCORDANCE          | Qc                 | 4 D                                | Phase d'érosion                                                     |                                           |
|                                                                                      | Pch                | 3 D                                | Phase de failage normal.                                            |                                           |
|                                                                                      | Qc                 | 1 D - 2 D                          | Phase légère de slumping - sliding.                                 |                                           |
| CHICHE<br><br>Pch.<br><br>DISCORDANCE                                                | Pch                | 4 c                                | Phase d'érosion.                                                    |                                           |
|                                                                                      | Pch                | 3 c                                | Phase de failles normales. Généralisation de l'effondrement.        |                                           |
|                                                                                      | Pch                | 2 c                                | Phase d'écaillage léger.                                            |                                           |
|                                                                                      | Pch                | 1 c                                | Phase de léger slumping - failles inverses                          |                                           |
| VOLCANICOS<br>GUAYLLABAMBA<br><br>PB                                                 | PB                 | 4 B                                | Phase d'érosion                                                     |                                           |
|                                                                                      | PB                 | 3 B                                | Phase de failles normales.                                          |                                           |
|                                                                                      | PB                 | 1 B                                | Phase de lahars et slumping                                         |                                           |
| SAN-MIGUEL<br><br>Ps<br><br>1 <sup>er</sup> "TECTONISME REGIONAL"<br><br>DISCORDANCE | Ps                 | 4 A                                | phase d'érosion                                                     |                                           |
|                                                                                      | Ps                 | 3 A                                | β                                                                   | Systèmes locaux de failles normales.      |
|                                                                                      |                    |                                    | 2                                                                   | phase majeure découpant blocs. failles N. |
|                                                                                      |                    |                                    | 1                                                                   | phase mineure en failles normales.        |
|                                                                                      | Ps                 | 2 A                                | β                                                                   | écaillage en décollement                  |
| Ps                                                                                   | 1 A                | β                                  | Plis de grande amplitude - slumping. axes de direction NW-SE à N-S. |                                           |
|                                                                                      |                    | α                                  | Plis de faible amplitude - slumping.                                |                                           |

AFFAISSEMENT PROGRESSIF PROBABLE

CHRONOLOGIE DES PHASES DE DÉFORMATION ET D'ÉROSION



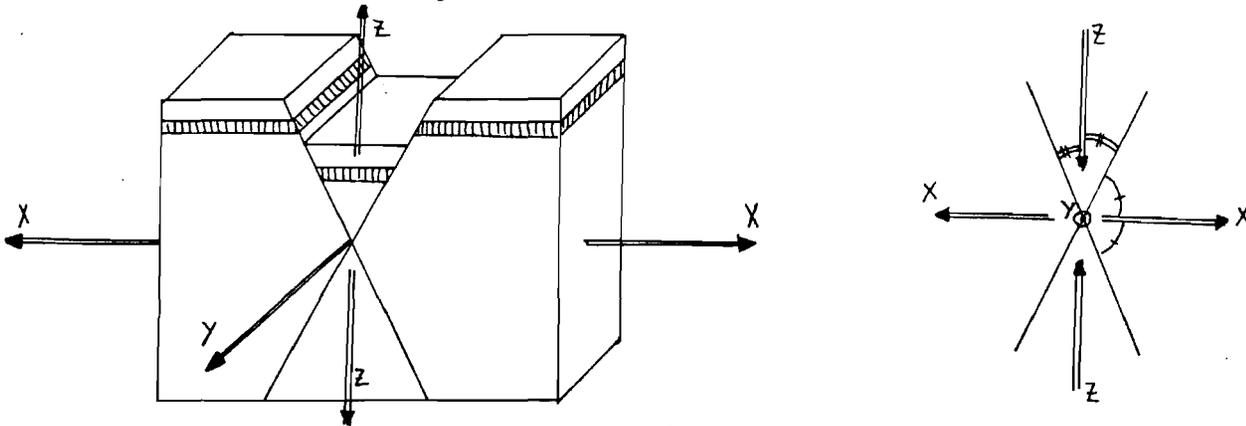
- Ce modèle met en évidence une complexité croissante des Formations récentes vers les plus anciennes, car celles-ci ont pu être affectées par les phases postérieures. Il faut donc tenir compte des effets des phases postérieures dans chaque Formation.

#### IV APPENDICE 1

#### METHODES D'ETUDE

##### 1°) Méthode d'étude utilisée pour les Directions d'extension.

Cela nécessite un système associé de failles normales:



L'extension générale crée le système théorique suivant:

- X est la direction d'extension, en théorie Horizontale
- Y est la direction neutre, en théorie horizontale
- Z est la direction virtuelle de compression, en théorie verticale.

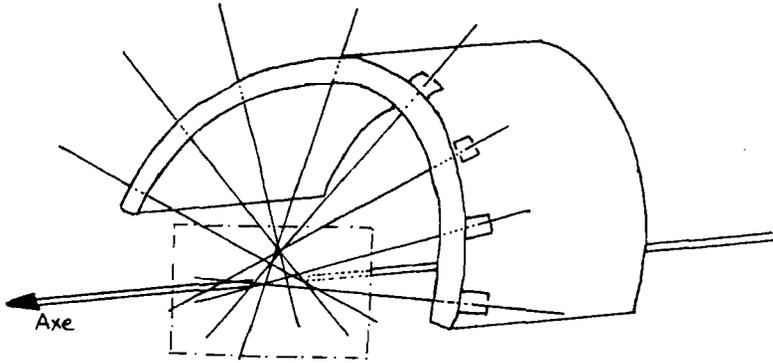
La mesure des 2 plans associés permet de déterminer, après report sur le Canevas de Wilff:

- Y, intersection de ces plans.
- Z, axe bissecteur de l'angle aigu.
- X, perpendiculaire à Y et Z

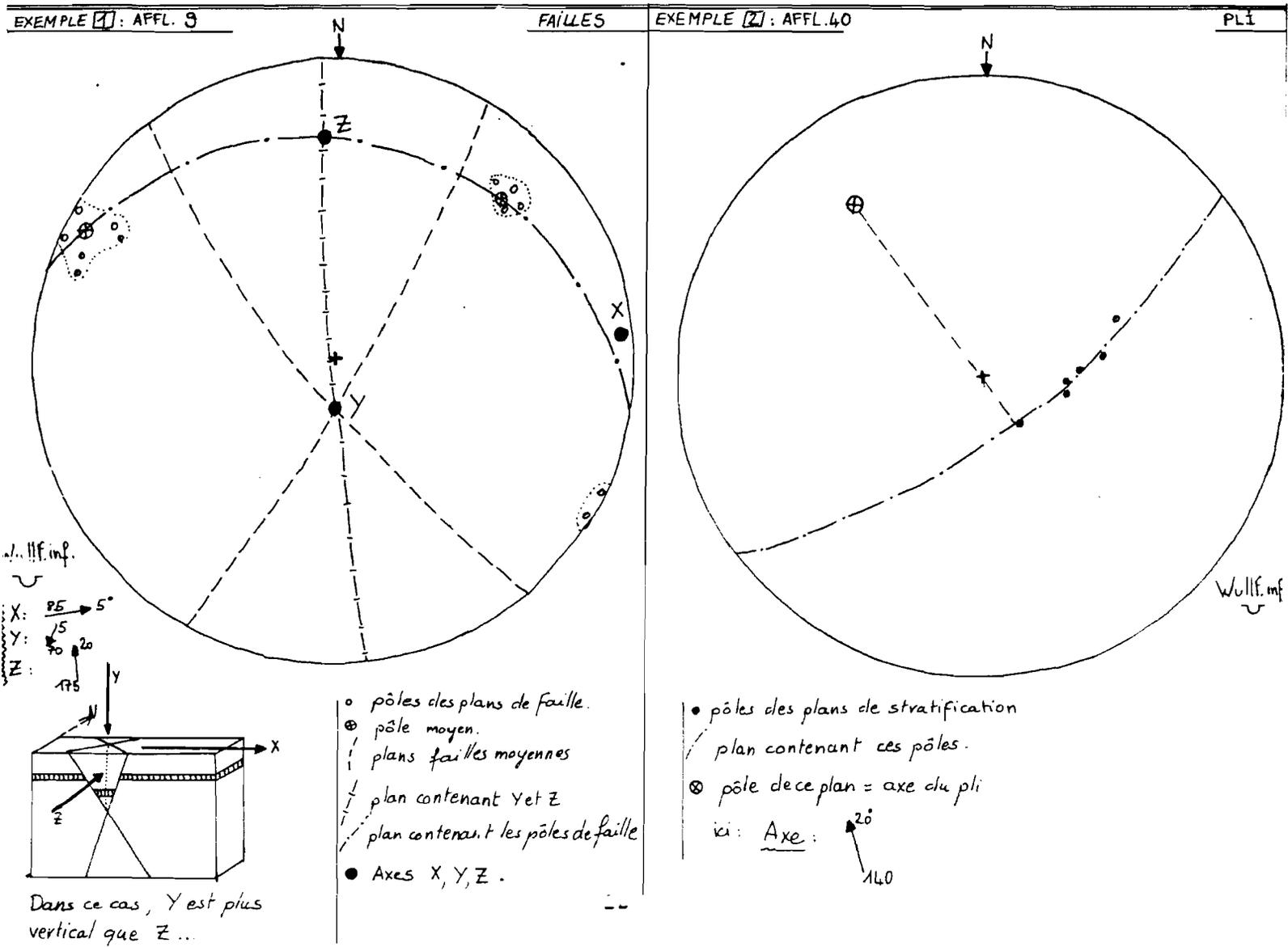
Pour chaque système visible dans les affleurements, on a donc la direction d'extension X. Il faut noter que les systèmes trouvés sur le terrain ne sont pas parfaits: Cela est dû en fait que l'extension a été inclinée vers le centre de Dépression et à ce qu'il subsiste toujours une indétermination pour remettre les failles "à l'horizontale" sur les canevas, lorsqu'elles affectent des couches inclinées en supposant qu'un pendage existait par endroits.

Toutes les mesures ont été, par convention, remises à l'horizontale. De ce fait, il faut accorder environ  $\pm 10^\circ$  d'erreur dans les directions au maximum, sur certains affleurements.

2°) Méthode de Détermination des axes de Plis



En effectuant des mesures de pendage si possible sur tout le pli, on reporte les pôles des stratifications sur le canevas. Les pôles se situent généralement sur un grand cercle (si le pli est droit), c'est-à-dire le plan les contenant, dont le pôle est l'axe du pli.  
Des mesures précises sur un seul flanc peuvent suffire si l'on n'a pas accès à l'ensemble du pli.  
Dans ce cas l'erreur due à l'interprétation sur le canevas peut aussi s'estimer à  $\pm 10^\circ$  dans la direction.



APENDICE 2

UBICACION DE LOS AFLORAMIENTOS Y DE LAS FALLAS

1°) UBICACION DE LOS AFLORAMIENTOS  
LOCALISATION DES AFFLEUREMENTS

| Afl. N° | Longitude X | Latitude Y | Afl. N° | Longitude X | Latitude Y |
|---------|-------------|------------|---------|-------------|------------|
| 1       | 788,00      | 9990,00    | 29      | 797,15      | 9997,45    |
| 2       | 789,40      | 9990,50    | 30      | 797,30      | 9997,95    |
| 3       | 789,95      | 9990,85    | 31      | 797,35      | 9998,00    |
|         |             |            | 32      | 797,30      | 9998,05    |
| 5       | 791,30      | 9990,40    | 33      | 797,90      | 9998,70    |
| 6       | 792,70      | 9992,75    | 34      | 798,40      | 9998,70    |
| 6 bis   | 792,70      | 9993,50    | 35      | 798,60      | 9998,80    |
| 7       | 792,80      | 9993,45    | 36      | 798,75      | 9998,90    |
|         |             |            | 37      | 798,90      | 9999,55    |
| 8       | 795,40      | 9994,60    |         |             |            |
|         |             |            | 38      | 798,75      | 9999,85    |
| 9       | 796,60      | 9995,50    | 39      | 799,20      | 9999,85    |
| 10      | 796,95      | 9995,80    | 40      | 799,95      | 9999,70    |
|         |             |            | 41      | 792,40      | 9995,80    |
| 11      | 797,15      | 9997,90    |         |             |            |
|         |             |            | 42      | 790,70      | 9998,70    |
| 12      | 791,40      | 9990,70    | 43      | 790,80      | 9998,80    |
| 14      | 791,40      | 9991,00    | 44      | 790,60      | 9998,80    |
|         |             |            | 45      | 790,50      | 9999,00    |
| 15      | 791,80      | 9991,80    |         |             |            |
|         |             |            | 46      | 794,15      | 0001,30    |
| 16      | 791,90      | 9991,85    | 47      | 794,45      | 0001,35    |
| 17      | 792,90      | 9992,80    | 48      | 796,40      | 9998,05    |
|         |             |            | 48 B    | 796,50      | 9998,00    |
| 18      | 792,40      | 9993,60    | 49      | 799,80      | 9999,95    |
| 19      | 796,15      | 9995,00    | 50      | 799,85      | 0000,25    |
| 20      | 796,90      | 9995,75    | 51      | 799,95      | 0000,35    |
| 21      | 797,00      | 9996,00    | 52      | 800,05      | 0000,55    |
| 22      | 796,65      | 9997,30    | 53      | 800,45      | 0000,55    |
| 23      | 798,10      | 9992,10    | 54      | 806,10      | 0004,45    |
| 24      | 797,10      | 9996,10    | 55      | 803,95      | 0003,35    |
| 25      | 797,30      | 9996,20    | 56      | 802,10      | 0001,60    |
| 26      | 797,35      | 9996,45    | 57      | 801,10      | 0001,10    |
| 27      | 797,35      | 9996,70    | 58      | 801,30      | 9995,70    |
|         |             |            | 59      | 795,25      | 9991,20    |
| 28      | 797,30      | 9997,10    | 60      | 796,95      | 9992,80    |
|         |             |            | 61      | 796,75      | 9993,65    |
|         |             |            | 62      | 802,10      | 0001,1     |

2°) UBICACION DE LAS FALLAS INVERSAS Y FORMACIONES AFECTADAS  
LOCALISATION DES FAILLES INVERSES ET FORMATIONS AFFECTÉES:

| Affleurement | Formation                              | Type                                             |
|--------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 7            | . Formation Chiche déformée Pchd       | Failles simples                                  |
| 8            | . Formation San Miguel déformée Psd    | Failles de Sliding                               |
| 10           | . Formation San Miguel déformée Psd    | Faille Slide, basculée                           |
| 24           | . Formation San Miguel déformée Psd    | Faille intrados, pli                             |
| 11           | . Formation de San Miguel déformée Psd | Failles de Sliding et intrados                   |
| 31           | . Formation San Miguel déformée Psd    | Système- en intrados?                            |
| 60           | . Formation San Miguel déformée        | +Faille isolée Sliding<br>Faillettes de Sliding. |

3°) UBICACION DE LAS FALLAS NORMALES Y FORMACIONES AFECTADAS  
LOCALISATION DES FAILLES NORMALES ET FORMATIONS AFFECTEES

| N°   | Formation                            | type                                    |
|------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| 5    | . Volcanicos Guayllabamba PB         | Système complémentaire.                 |
| 12   | . Volcanicos Guayllabamba PB         | Système complémentaire.                 |
| 13   | . Volcanicos Guayllabamba PB         | Faille recoupant un pli.                |
| 15   | . Volcanicos Guayllabamba PB         | Système complémentaire.                 |
| 17   | . Formation Chiche Pch               | Système complémentaire.                 |
| 7    | . Formation Chiche déformée Pchd     | Système complémentaire.                 |
| 9    | . Formation Chiche déformée Pchd     | Système complémentaire.                 |
| 21   | . Formation San Miguel déformée Psd  | Système complémentaire.                 |
| 23   | . Formation Gangahua Qc              | Système complémentaire.                 |
| 24   | . Formation San Miguel déformée Psd  | Système complémentaire recoupant un pli |
| 27   | . Formation Escambreros de Talud     | Système complémentaire                  |
| 28   | . Formation San Miguel déformée Psd  | Systèmes complémentaires                |
| 11   | . Formation San Miguel déformée Psd  | Système recoupant 1 Pli                 |
| 30   | . Formation San Miguel déformée Psd  | Faille recoupant pli                    |
| 32   | . Formation San Miguel déformée Psd  | Système complémentaire                  |
| 34   | . Formation Chiche déformée Pchd     | Système complémentaire                  |
| 35   | . Formation San Miguel déformée Psd  | Système complémentaire                  |
| 36   | . Formation Chiche Pch               | Système complémentaire                  |
| 38   | . Formation San Miguel Ps            | Système complémentaire                  |
| 39   | . Formation San Miguel Ps            | Faille isolée                           |
| 42   | . Formation Chiche                   | Système complémentaire                  |
| 43   | . Formation Chiche Pch.              | Système complémentaire                  |
| 44   | . Formation San Miguel Ps            | Système complémentaire                  |
| 45   | . Formation San Miguel Ps            | Système complémentaire                  |
| 46   | . Formation Chiche Pch               | Système complémentaire                  |
| 47   | . Formation Chiche Pch               | Système complémentaire                  |
| 48 b | . Formation Chiche déformée Pchd.    | Système complémentaire +filon extension |
| 22   | . Formation Chiche déformée Pchd     | Système redressé                        |
| 40   | . Formation San Miguel déformée Pchd | faille coupant le pli                   |
| 50   | . Formation San Miguel Pchd          | Système complémentaire                  |
| 51   | . Formation San Miguel déformée Pchd | Système complémentaire                  |
| 52   | . Formation San Miguel               | Système complémentaire                  |
| 58   | . Formation Chiche Pch               | Système complémentaire                  |
| 59   | . Formation Chiche Pch.              | Système complémentaire                  |
| 60   | . Formation Chiche                   | Faille Système                          |

## ANNEXE 1

### GUIDE GEOLOGIQUE DES DEFORMATIONS DE LA DEPRESSION DE GUAYLLABAMBA

Par: Marc DESCLOITRES et François DUGAS

Les principales déformations des Formations San Miguel, volcaniques Guayllabamba et Chiche de la Dépression de Guayllabamba ont été sélectionnées de telle sorte qu'il soit possible de les observer dans les affleurements repartis sur un itinéraire d'une journée, à partir de Quito. Les phases successives de glissement (Slumping), d'écaillage (Sliding), de failles d'effondrement et d'érosion sont ainsi présentées dans chaque Formation (cf. table I). Toute fois leur importance varie suivant les Formations. On notera que la complexité des Déformations croît avec l'âge croissant des Formations. En effet chaque Formation a pu être affectée par les phases tectonique postérieures. De plus on observe des exceptions dans l'ordre de succession des phases soit par suite de l'intensité variable de celles-ci, soit par suite d'effets de glissements étroitement associés à la phase d'effondrement.

En l'absence de création d'une pente par flexuration la phase de l'effondrement peut générer et précéder la phase de glissement.

Le long de l'itinéraire les phases de Déformations ne sont pas présentées suivant l'ordre du modèle, mais suivant la position des affleurements.

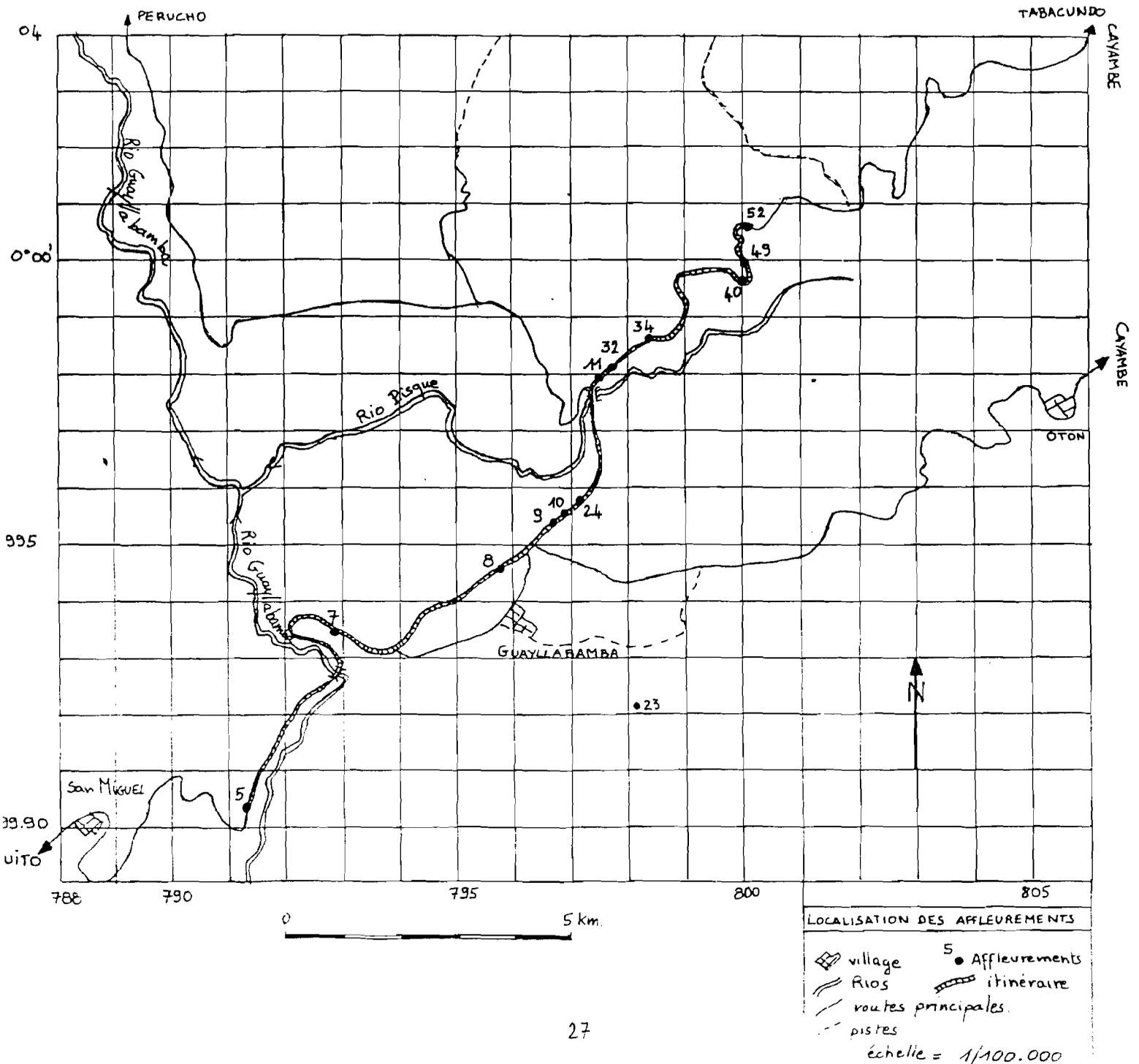
#### Cartes Nécessaires:

- Géologiques a 1:100.000 (Direction Générale de Géologie et des Mines): Otavalo 1980.
- a 1:50.000 (D.G.G.M): El Quinche 1980
- a 1:25.000 (D.G.G.M): Guayllabamba 1982
- Topographiques (Institut Géographique Militaire)
- a 1:50.000 El Quinche (1980)
- a 1:50.000 Mojanda (1983)

Kilométrage total: 88.

AFFLEUREMENTS

Sortir de Quito par la Panaméricaine en direction de Guayllabamba et d'Otavalo . Après les villages de Calderon, de San Miguel de Calderon, s'arrêter à environ 23 Km. du monument du la- boureur de Quito, avant le pont sur le Rio Guayllabamba.



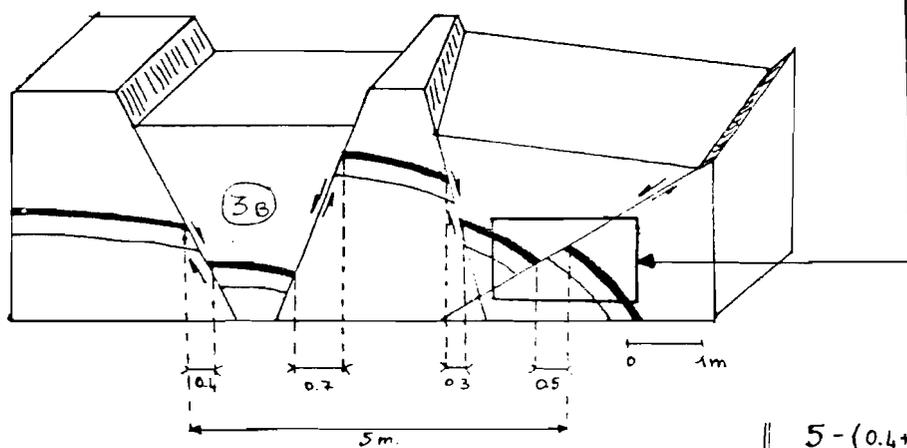
I. AFFLEUREMENT N° 5 - Formation Volcanicos de Guayllabamba (PB)

Coordonnées 791,3 - 9990,4

- On observe des failles normales dans les lahars , soulignées par les niveaux interstratifiés. Ces failles correspondent à une tectonique d'effondrement (phase 3B). On peut estimer l'extension apparente à 25% .



0 15 50 cm.



exemple

$$5 - (0.4 + 0.7 + 0.3 + 0.5) = 3.1 \text{ m}$$

$$1.9 / 3.1 \approx 0.6$$

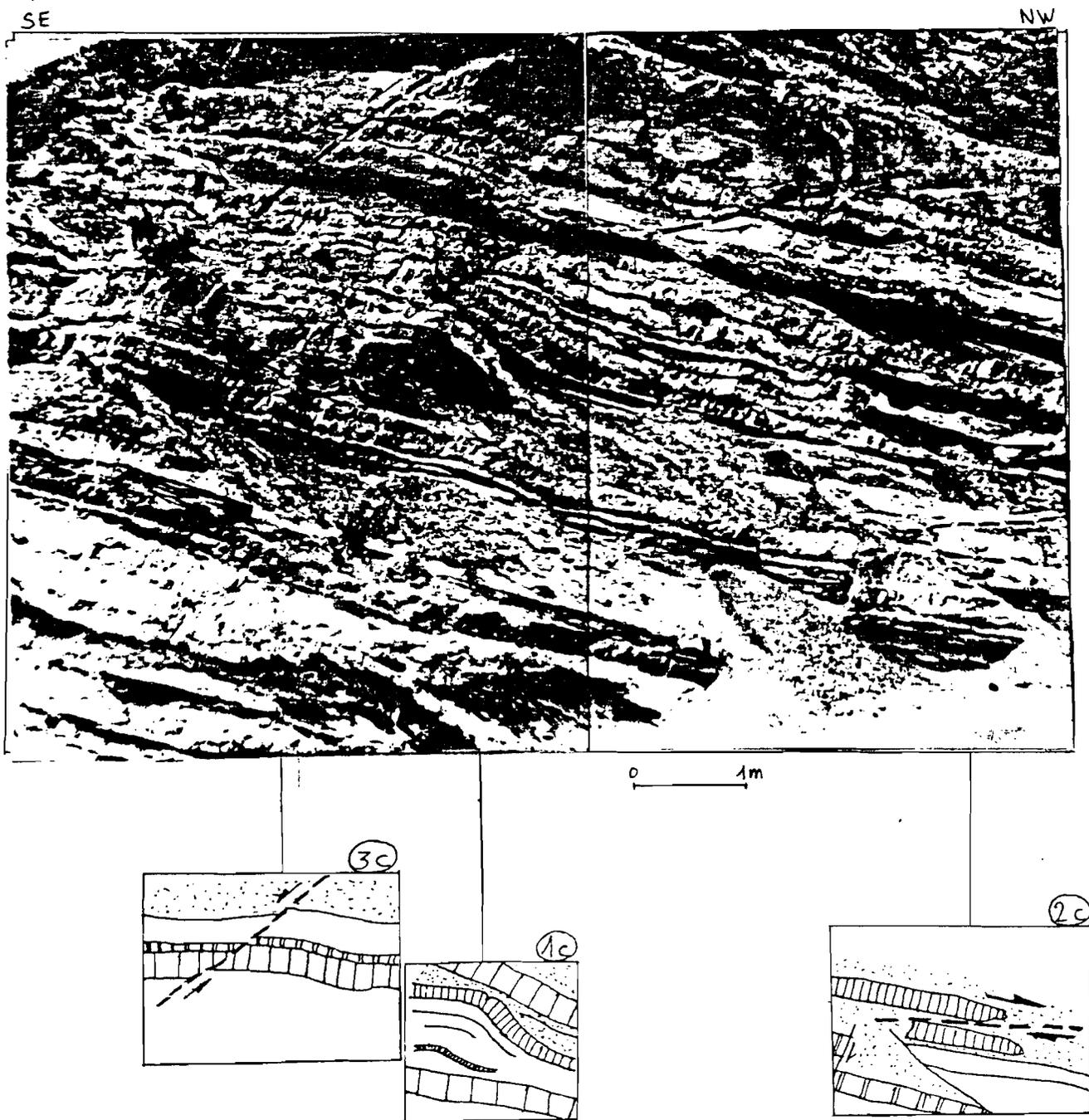
⇒ 60% d'extension apparente

(real. aff. n°5 : 25%)

II. AFFLEUREMENT N° 7 - Formation Chiche (Pch)

Coordonnées 792,8 - 9993,45

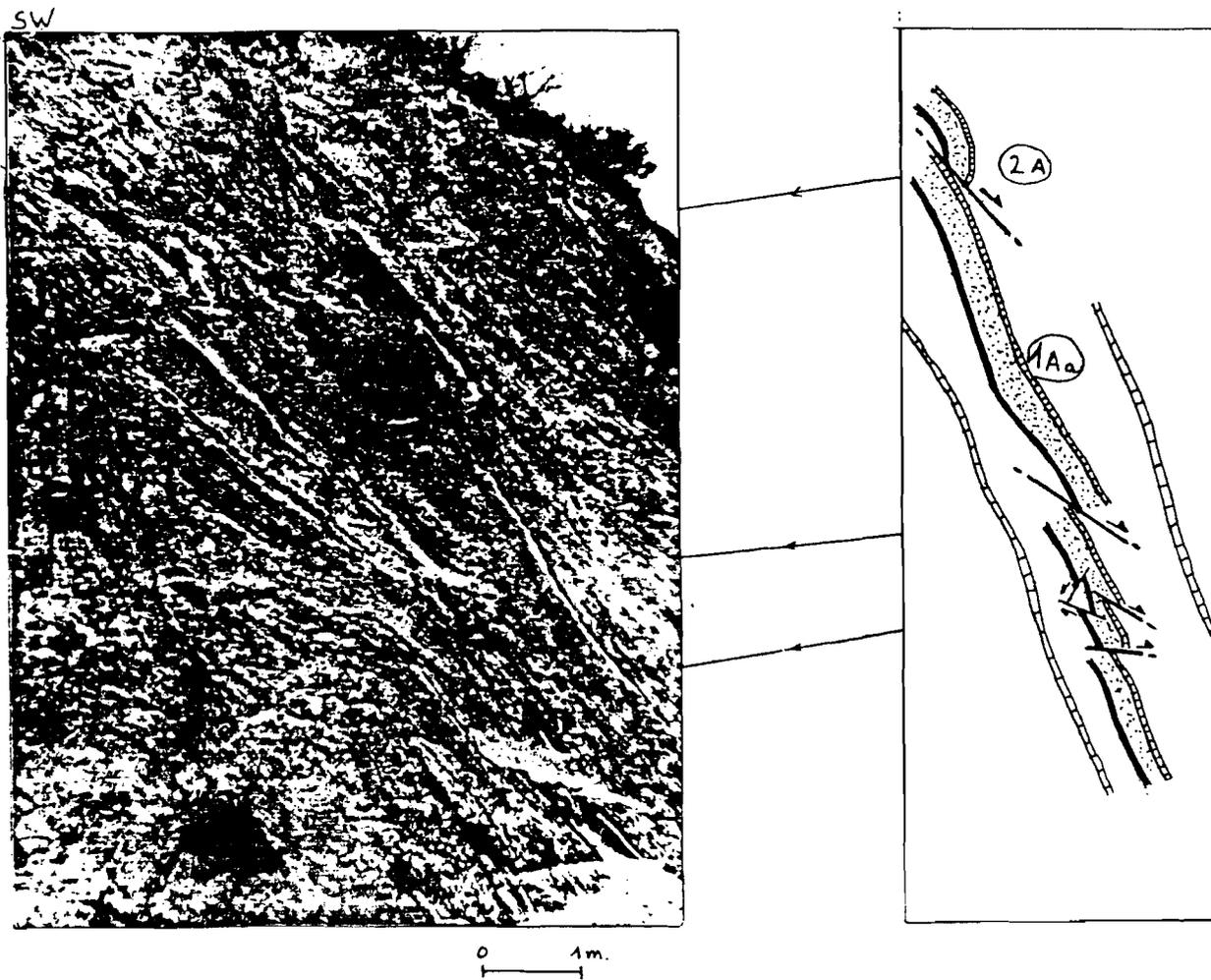
Cet affleurement présente un léger Slumping inverse indiquant un début d'écaillage (phase 2C) et des failles normales qui constituent la phase 3C.



III. AFFLEUREMENT N°8 - Formation San Miguel (Ps)

Coordonnées 795,4 - 9994,6

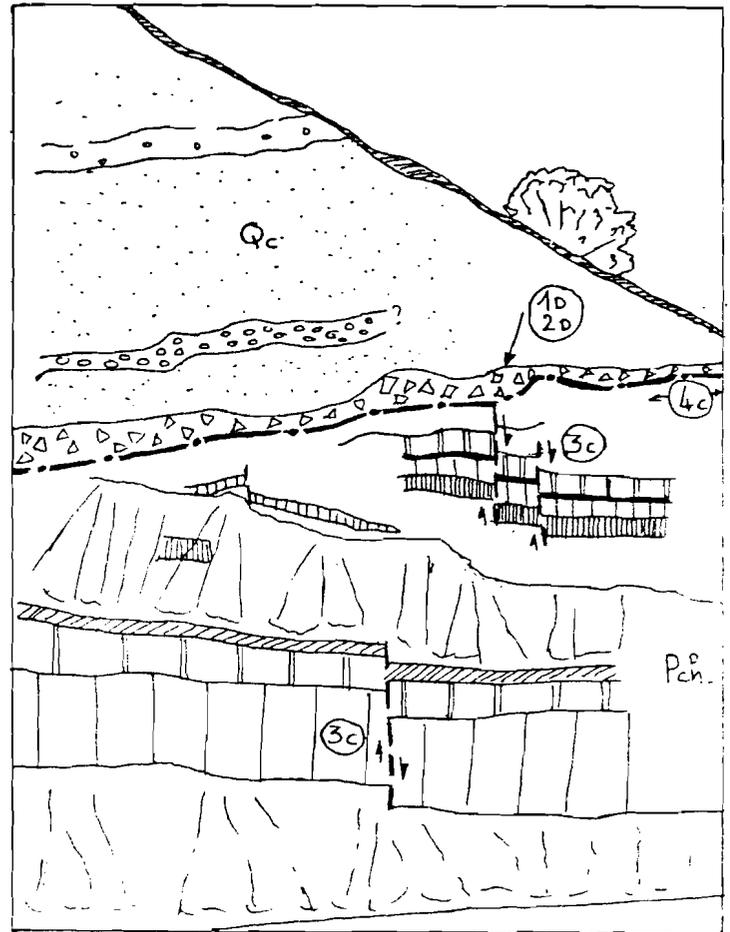
Une série de cette Formation est fortement inclinée et montre des ondulations de faible amplitude (phase 1Aa). Les écaillages de couche et de quelques blocs de celles-ci correspondent à la phase 2A.



IV.- AFFLEUREMENT N° 9 - Formations Cangahua / Chiche (Qc/Pch)

Coordonnées 796,6 - 9595,5

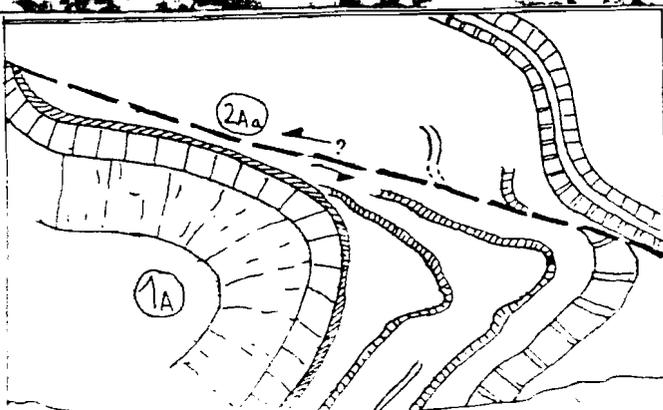
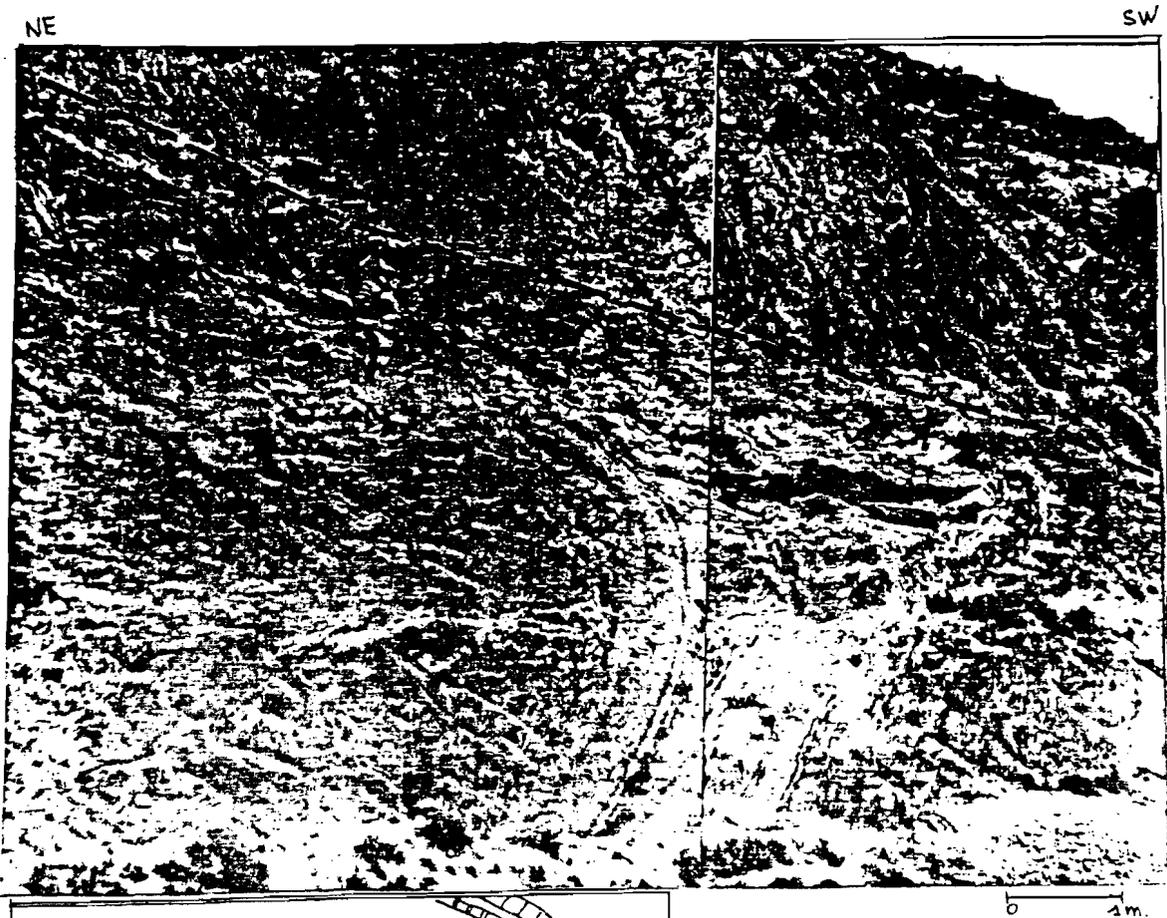
On observe le dépôt de la Formation Cangahua en discordance sur la Formation Chiche. A la base de la Formation Cangahua se trouve une brèche de blocs de la Formation Chiche qui sont d'anciens Colluvions recouverts par la Formation Cangahua. Comme cette brèche présente de légères déformations, on doit admettre qu'il a eu postérieurement au dépôt un léger glissement de la Formation Cangahua (phase 1D-2D). De plus les failles Normales observées dans la Formation Chiche n'affectent pas la Formation Cangahua au-dessus, et donc correspondent la phase 3C. La surface d'érosion entre les deux Formations représente la phase 4C.



V. AFFLEUREMENT N° 10 - Formation San Miguel (Psd)

Coordonnées 796,95 - 9995,80

Ce pli de grande amplitude est faillé et son interprétation géométrique pose des problèmes. L'axe du pli est N 175, horizontal. On peut l'interpréter comme un repli d'une série de plis glissés soit vers l'Ouest puis écaillé par une faille inverse, soit glissé vers NW avec écaillage en faille inverse puis basculé vers le SW. La direction NW s'expliquerait par la permanence du Rio Pisque; le grand repli observé étant lui dirigé actuellement vers le SW. Ainsi on observe une phase de Slumping avec des plis de grande amplitude (1A) et une phase de Sliding (2Aa).



VI. AFFLEUREMENT N° 24 - Formation San Miguel

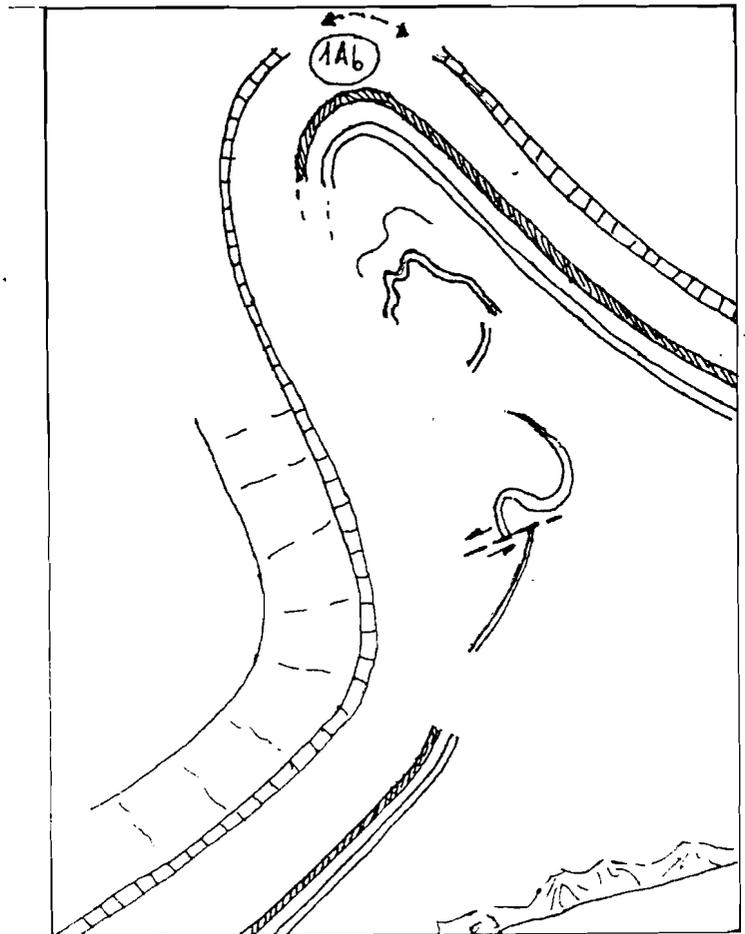
Coordonnées 797,1 - 9996,10

C'est un grand pli métrique présentant des flancs dissymétriques, au Nord flanc court, au sud flanc long. Sa morphologie caractéristique d'un glissement par gravité. L'axe du pli étant N80° penté 10°, la direction de glissement est N 350°. Par rapport à l'ensemble, cette direction est locale ce qui montre la complexité d'organisation dans les blocs basculés, postérieurement au glissement (phases indifférenciées 3A, 3B, 3C). Ce pli correspond à la phase 1Ab.

On observe, en particulier, à l'intérieur du pli de petits Slumps sur le flanc long, de petites failles inverses de réajustement des couches au coeur du pli, ainsi que des replis de couche localisés dans la charnière.



0 1 m.



VII. AFFLEUREMENT N° 11 - Formation San Miguel (Psd)

Coordonnées 797,15 - 9997,90

C'est l'affleurement le plus spectaculaire car il montre à grande échelle de nombreuses déformations difficilement mesurables par suite de leur importance et de leur complexité . Celles-ci semblent être le résultat de phases successives qui sont:

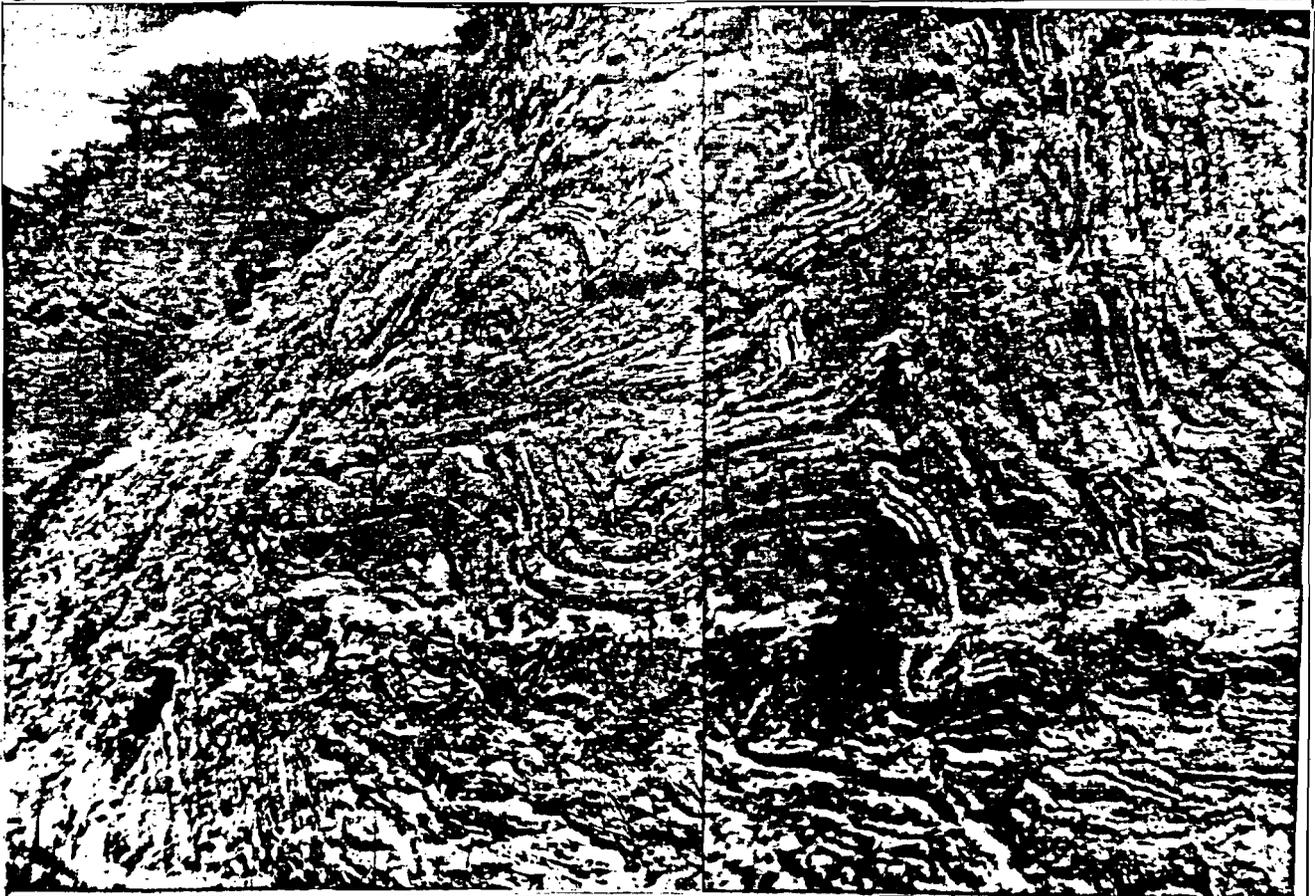
- Formation de petits plis dus au Slumping (phase 1A)
- Ces plis ont été repris dans un grand pli décimétrique (phase 1Ab). On notera que les failles inverses semblent être due à une compression au coeur du pli et non due à une phase d'écaillage postérieure.
- La phase de sliding est d'importance réduite à l'échelle de l'affleurement.
- Les failles normales découpant le grand pli correspondent à la phase 3A.



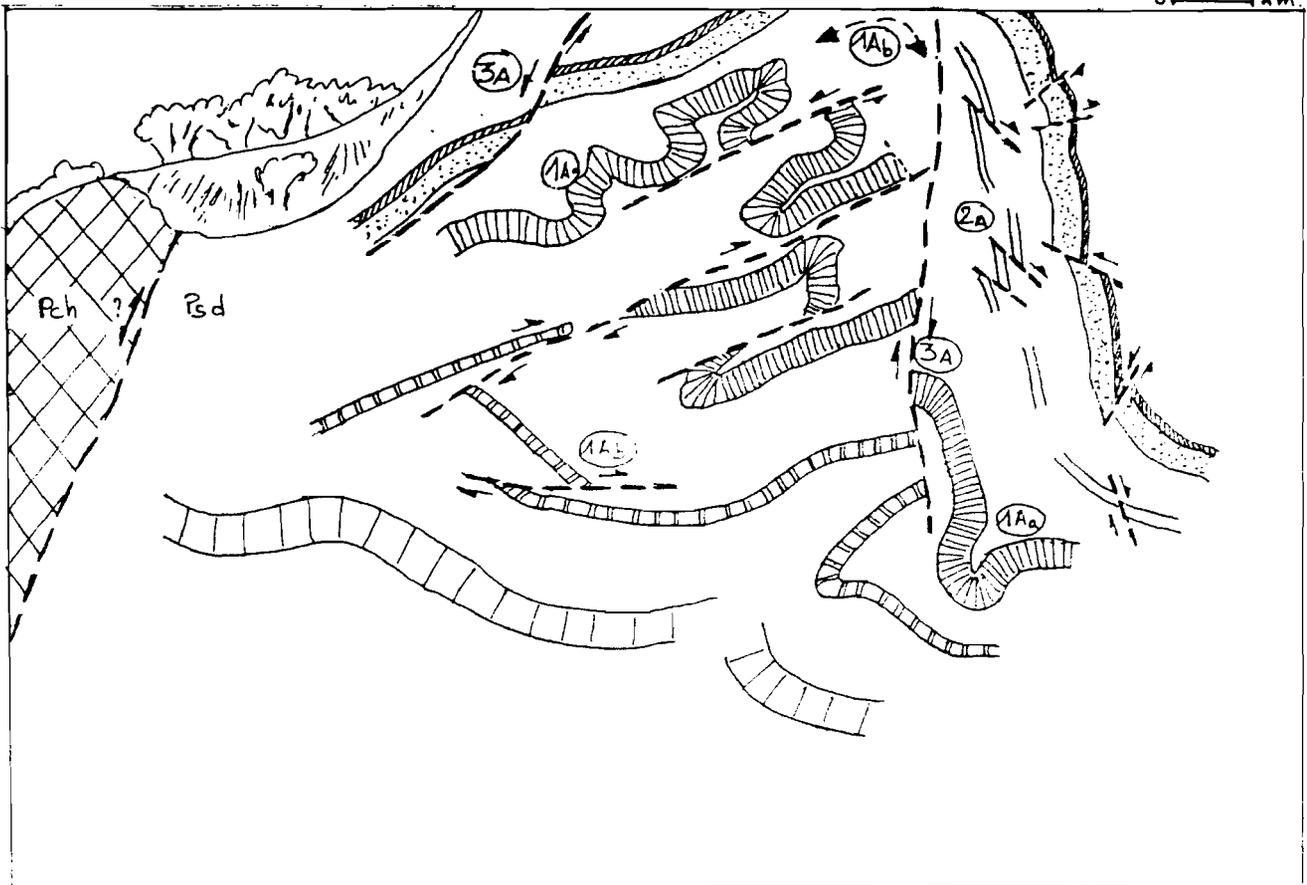
SW

FFFL 11

NE



0 1 4 m



VIII. AFFLEUREMENT N° 32 - Formation San Miguel (Psd)

Coordonnées 797,30 - 9998,05

Cet affleurement est remarquable et l'origine de la déformation pose des problèmes d'interprétation. On observe une tectonique de blocs avec des failles normales, mais les couches de tuffs bien stratifiées présentent des déformations vers le S. Il semble qu'après une phase de failles normales qui s'observent également à droite de l'affleurement, une phase de glissement vers le S des strates de Tuffs a été accompagnée d'une injection sédimentaire de grès sableux volcanique noir qui était déposé au-dessus des strates de tuffs non consolidées. Le glissement décale les failles. On notera que les deux phases ont dû être étroitement associées dans le temps.



RFPL. 32

SSW

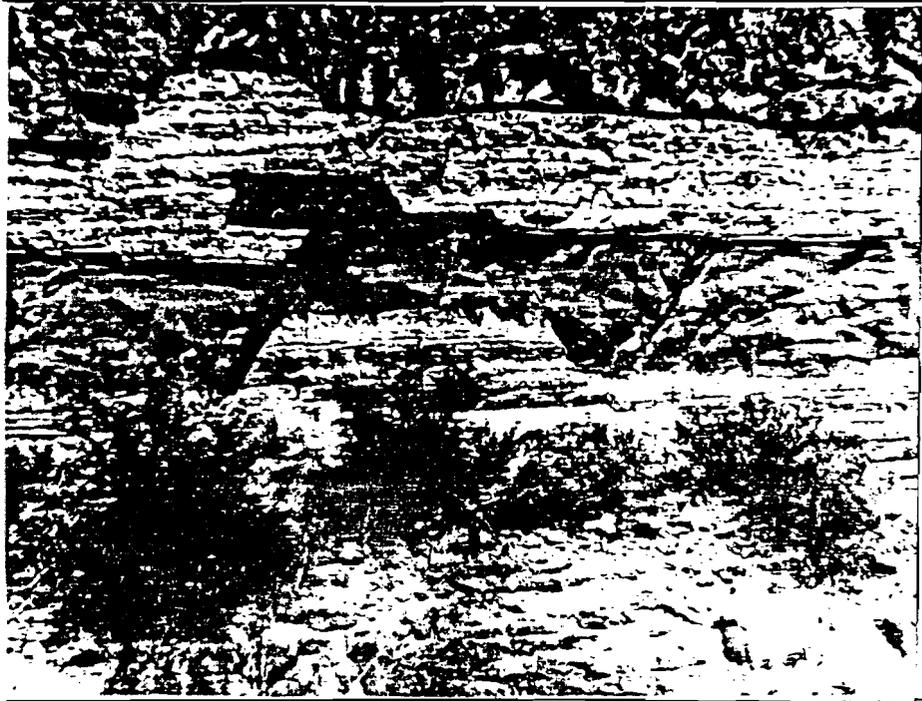
NNE



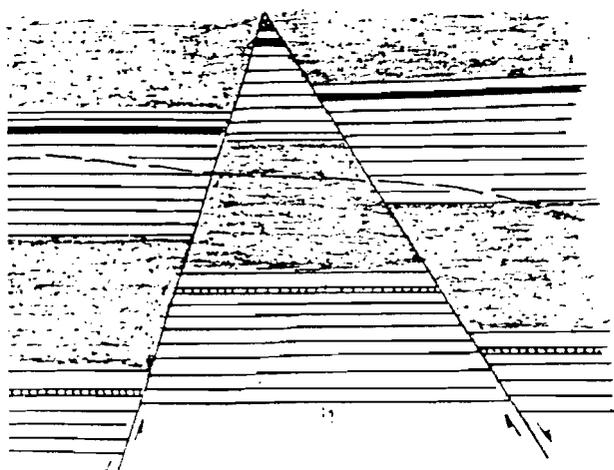
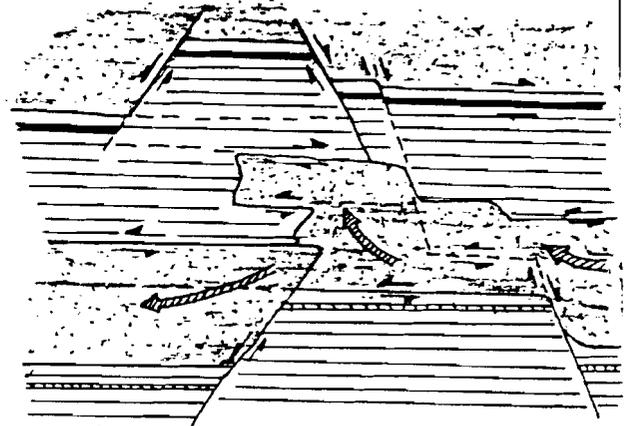
0 2m

SSW

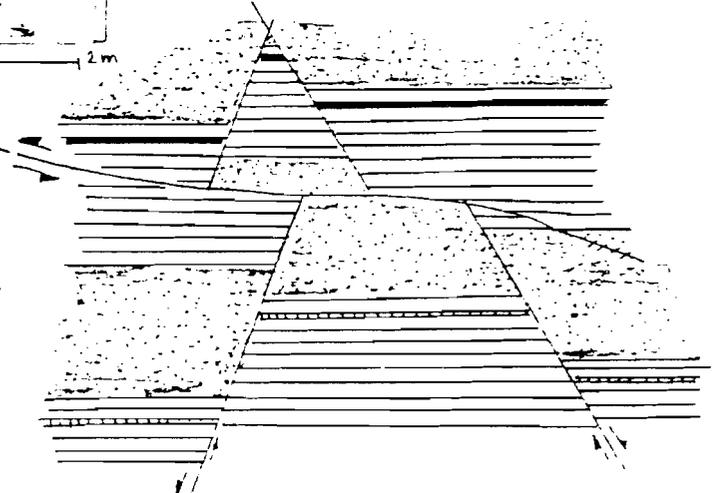
NNE



0 2m



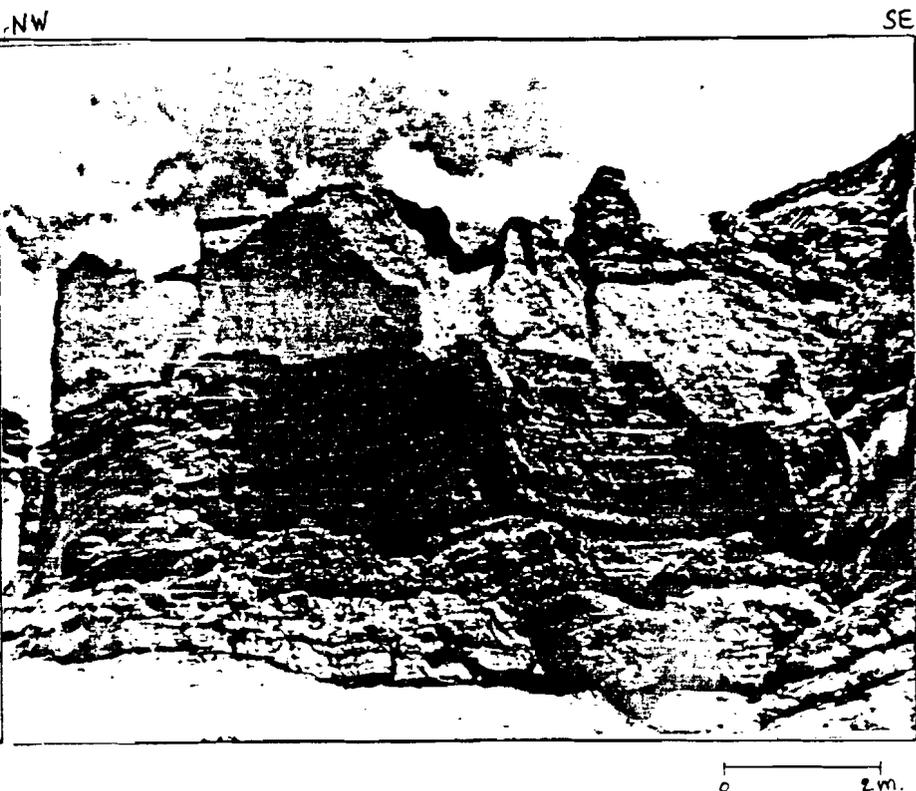
?



IX. AFFLEUREMENT N° 34 - Formation Chiche (Pch)

Coordonnées 798,4 - 9998,7

En passant, on notera une manifestation claire de la phase d'effondrement 3C. Les nombreuses failles normales qui montrent des rejets de l'ordre du mètre suggèrent de placer la phase tectonique régionale avant le dépôt de la Formation Cangahua et non postérieurement comme cela est indiqué dans la légende de la carte 1/25.000 de Guayllabamba.



X. AFFLEUREMENT N°40 - Formation Chiche y San Miguel (Pch/Ps)

Coordonnées 799,95 - 9999,70

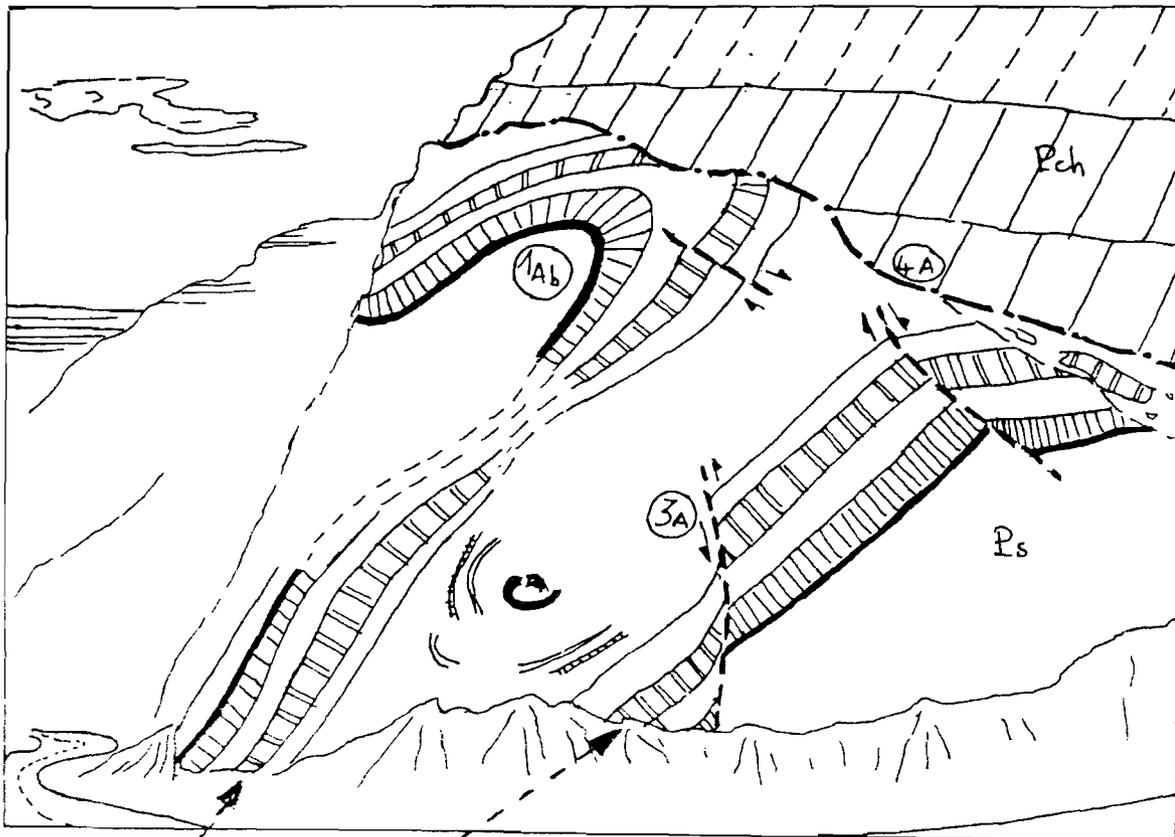
Cet affleurement montre dans la Formation San Miguel deux grands plis serrés (anticlinal et Synclinal) d'axes parallèles N 140° pentés vers le NNW (phase de glissement 1Ab). Le glissement est dirigé vers N 230°. La phase de Sliding qui n'affecte pas cette partie s'observe nettement environ 200m. à la gauche de l'affleurement. Sur la Formation San Miguel s'est déposée, après la phase d'érosion 4A, la Formation Chiche discordante et subhorizontale. De petites failles normales qui ont un rejet de 50 cm. environ affectent seulement la Formation San Miguel et donc correspondent à la phase d'effondrement 3A. De plus un petit enroulement de Strates se note au coeur du synclinal. Sur la partie droite de l'affleurement la base de la Formation Chiche présente des lentilles de brèche sédimentaire constituée de colluvions de la Formation San Miguel.



AFFL. 40



0 2m



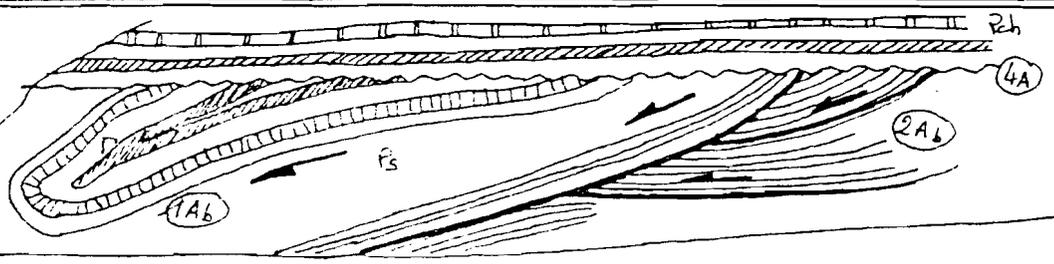
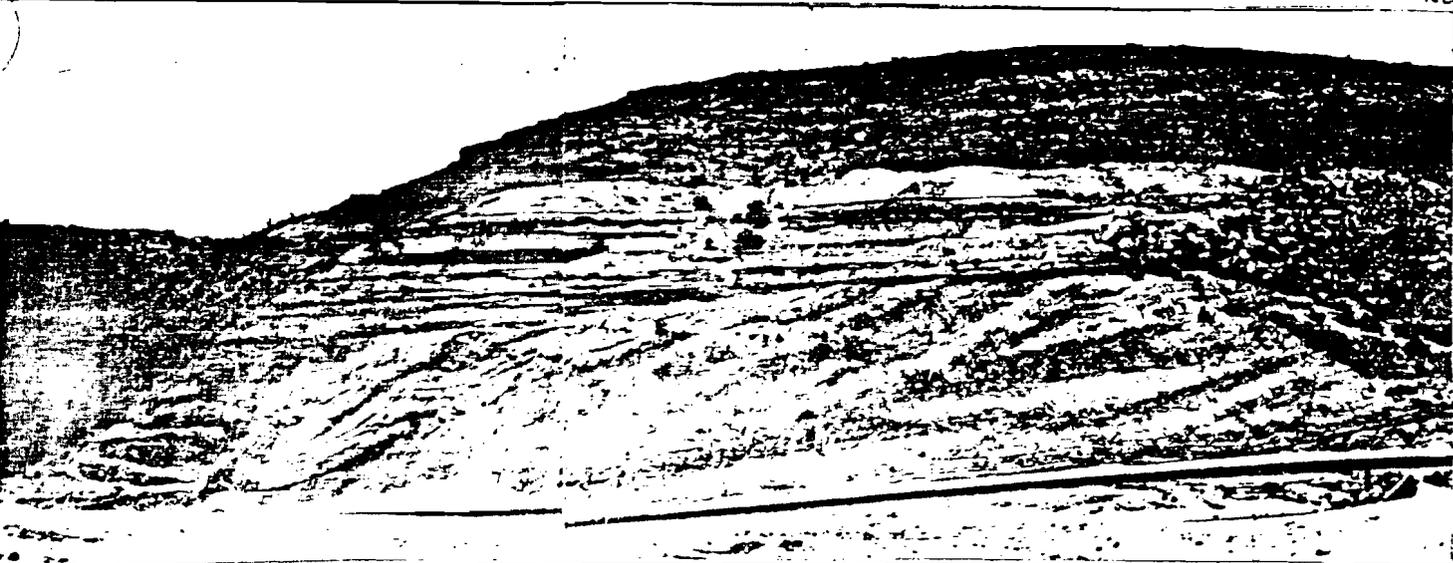
XI. AFFLEUREMENT N°49 - Formation San Miguel, Chiche et Cangahua (Qc/Pch/Ps)

Coordonnées 799,8 - 9999,95

De nouveau un grand pli de glissement s'observe dans la Formation San Miguel (phase 1Ab), Dans la partie droite du pli des écaillages de couches qui correspondent à la phase 2Ab. L'axe du pli étant N°130°, le glissement est dirigé vers N 240° SW. Après la phase d'érosion 4A, la Formation Chiche s'est déposée en discordance et horizontalement. Au-dessus montant le sommet de la Formation Chiche on observe la Formation Cangahua.

SSW

NNE

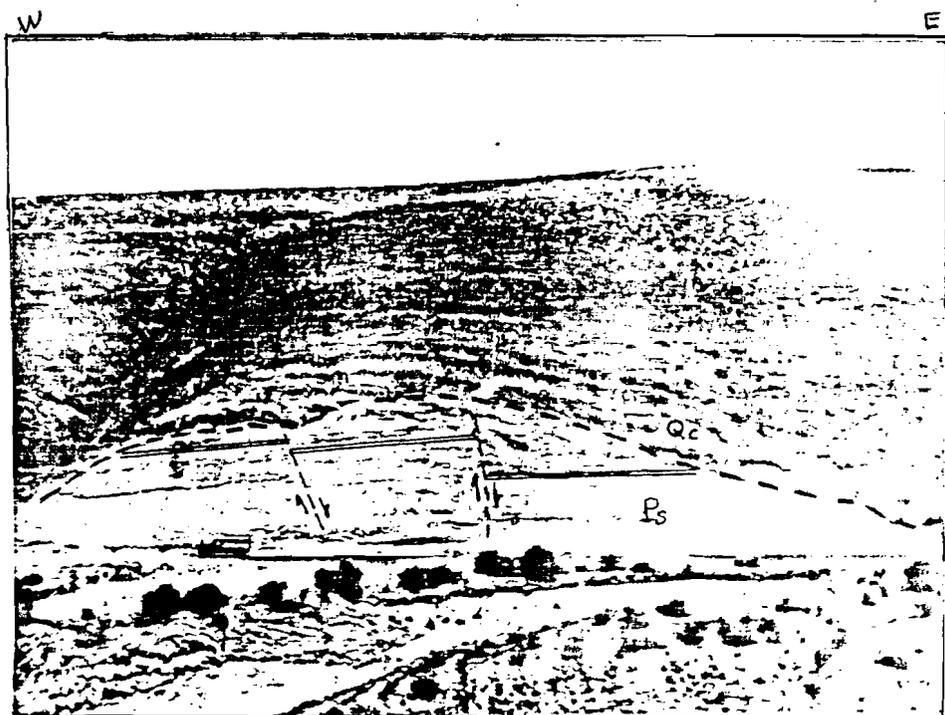


0 10 m.

XII. AFFLEUREMENT N° 52 - Formation San Miguel et Cangahua (Qc/Ps)

Coordonnées 800,05 - 0000,55

La Formation Cangahua moule le sommet de la Formation San Miguel érodée par la phase 4A, 4B, et 4C. La Formation San Miguel ne présente pas, ici, de grands plis, probablement par suite de l'absence de pente qui aurait favorisé un glissement. On observe dans cette Formation des failles normales orientées N120° avec un pendage 70° vers le NE et N130° verticales qui correspondent aux phases indifférenciées 3A et 3B parce qu'elles n'affectent pas la Formation Cangahua. Toutefois des failles normales dans la Formation Cangahua s'observent soit sur le chemin El Quinche-Guayllabamba (affleurement N° 23 coordonnées 798,10-99992,10) ou à Quito sur les flancs de la quebrada el Batán.



100m