

P224

INGEMMET
BIENES CULTURALES
54310 04874

O. DOLLFUS

INVENTARIO 1998



REMARQUES
SUR QUELQUES ASPECTS MORPHOLOGIQUES
DE LA REGION DE TUMBES (PEROU)

ESQUISSE MORPHOLOGIQUE
DE LA REGION D'AREQUIPA (PEROU)

Extrait des
TRAVAUX DE L'INSTITUT FRANÇAIS
D'ÉTUDES ANDINES

Tome VI, p. 95-108 et 109-118

—
1957-1958
PARIS-LIMA

SCIENCES NATURELLES

REMARQUES SUR QUELQUES ASPECTS MORPHOLOGIQUES DE LA RÉGION DE TUMBES (PÉROU) (*)

par

Olivier DOLLFUS

La région de Tumbes s'inscrit dans un ensemble de paysages qui diffèrent de ceux de la trinité classique péruvienne : bande côtière étroite et désertique, chaînes et plateaux andins, forêt amazonienne. Elle fait partie du Nord-Ouest péruvien et est bordée par la frontière de l'Ecuador.

Les premiers contreforts andins sont à une centaine de kilomètres du Pacifique, dont ils sont séparés par trois unités structurales :

1) Le bassin préandin, qui comprend le synclinal crétacé de Lancones et le bassin tertiaire de Sechura.

2) Les « massifs anciens » occidentaux constitués de roches paléozoïques plissées et arrasées, indurées par des montées granitiques de la fin du Paléozoïque au Jurassique, qui forment un arc ouvert et brisé des Amotapes, au Nord, aux îles Lobos de Afuera au large de Chiclayo, en passant par les petits blocs du Sud de Paita et l'amande granitique des Cerros Illescas à l'Ouest du désert de Sechura.

(*) Cette note a été rédigée après une brève tournée faite sur le terrain en janvier 1958 avec le mayor Carlos NICHOLSON, professeur de géographie physique à l'Université San Marcos, et M. E. CURRIL, étudiant en géologie.

3) Le bassin sédimentaire tertiaire, entre le massif et la côte, qui s'ouvre en partie sur l'échancrure largement évasée de la baie de Guayaquil.

Le changement d'orientation de la côte vers le N.-E., entre le 5° et le 3° latitude Sud, et la proximité de l'Équateur déterminent une modification de la direction des courants côtiers. Si la branche principale du courant de Humboldt est déviée vers l'Ouest au large de Cabo Blanco, une ramification mineure longe la côte vers le N.-E. et se fait sentir, de mai à novembre, jusqu'au Cabo Pasado (0° 21' latitude Sud). Mais elle se heurte, de décembre à avril, à la transgression d'eaux chaudes nord-équatoriales. Cette transgression, de volume très variable selon les années, commence en général à se manifester au moment de Noël, d'où son nom de « Niño ». Les conséquences climatiques de ce changement de courant sont capitales. La venue des eaux chaudes s'accompagne de pluies, tandis que le courant froid maintient l'aridité caractéristique de la côte péruvienne. Les pluies, très variables selon les années, pouvant, à Tumbes, dépasser une année plus de 1.000 millimètres pour tomber une autre année à moins de 100 millimètres, s'étalent de décembre à mars. Mais au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la côte vers l'intérieur, les pluies sont plus fortes et régulières. Ainsi, à une trentaine de kilomètres au sud de Tumbes, sur les Cerros du Caucho, il doit tomber en moyenne par an plus de 1.500 millimètres. Ceci explique les changements rapides de végétation. On passe en quelques kilomètres d'une brousse à algarrobos (*Prosopis julifloris*) et à cactées géants, à une forêt dense ombrophile. On étudiera plus loin les conséquences morphologiques de ces changements de climats.

Dans cette note, il ne sera étudié qu'un petit fragment de la région, comprise entre les Cerros du Caucho, premier contrefort des Amotape, les ríos Tumbes et Zarumilla et la baie de Guayaquil. Il couvre un peu plus de 1.000 kilomètres carrés entre le 3° 47' et 3° 24' de

latitude Sud, et le 80° 28' et 80° 10' longitude de Greenwich. De dimensions modestes, il permet de poser quelques-uns des principaux problèmes de l'évolution morphologique de la région.

Grâce aux recherches effectuées dans le bassin sédimentaire miocène, il est possible d'avoir une vue précise de la stratigraphie de la région. Il sera fait appel notamment aux travaux de :

- BROGGI (J. A.). — Fisiografía y estratigrafía de Zarumilla. *Act. Acad. Ciencias Exactas*, vol. 2, fasc. 1, 1939-40, Lima.
- CABRERA DE LA ROSA (A.). — Geomorphologie des Tumbes-delta. *Geologie des Meere und Binnengenwasser*, Bol. 2, H. 1, Berlin, 1938.
- PETERSEN (G.). — Sobre la geología de Zorritos. *Bol. Soc. Geol. del Perú*, tome VIII, 1936.
- Estudios climatológicos en el noroeste del Perú. *Bol. Soc. Geol. del Perú*, tome VII, 1936.
- Condiciones geográficas y Geológicas de la cuenca del Río Zarumilla. *Bol. Soc. Geol. del Perú*, vol. Jub., Part. II, 1949, pp. 1-39.

et à l'étude accompagnée d'une excellente carte géologique et de coupes :

- CHALCO (A.). — Informe geológico de la región de Tumbes-Zarumilla. *Impresas petrolera fiscal. Bol. Técnico*, N° 3, Lima, 1955.

*
* *

La région offre trois grandes familles de paysages, qui correspondent aux données de la géologie et de la pluviométrie.

1) Le versant occidental des Amotapes, représentés ici par les Cerros du Caucho, collines granitiques assez disséquées, couvertes de forêt dense, qui se dégagent de la couverture sédimentaire vers 100-150 mètres pour culminer aux alentours de 500 mètres.

2) Les collines et plaines du bassin miocène, tantôt collines bien marquées entre 150 et 200 mètres, comme celles de Lomitos et de Tacuma, tantôt moutonnement de croupes, piquetées d'algarrobos et de cactées, tantôt plaines comme la pampa de Todos los Santos, près de

Zarumilla, où le cours des oueds s'incise à peine. La région est drainée par le rio Tumbes et le rio Zarumilla et leurs affluents, et par des petits oueds se perdant dans le delta.

3) Le delta et les atterrissements fluviomarins actuels, avec, à l'Ouest du rio Tumbes, la succession régulière des anciens cordons littoraux séparés par des dépressions argilo-vaseuses, les flèches sableuses à crochets de l'embouchure du rio Tumbes et la mangrove des rives du rio Tumbes ou de ses anciens méandres abandonnés, du Salto et de l'île de Matapalo à la frontière de l'Écuador.

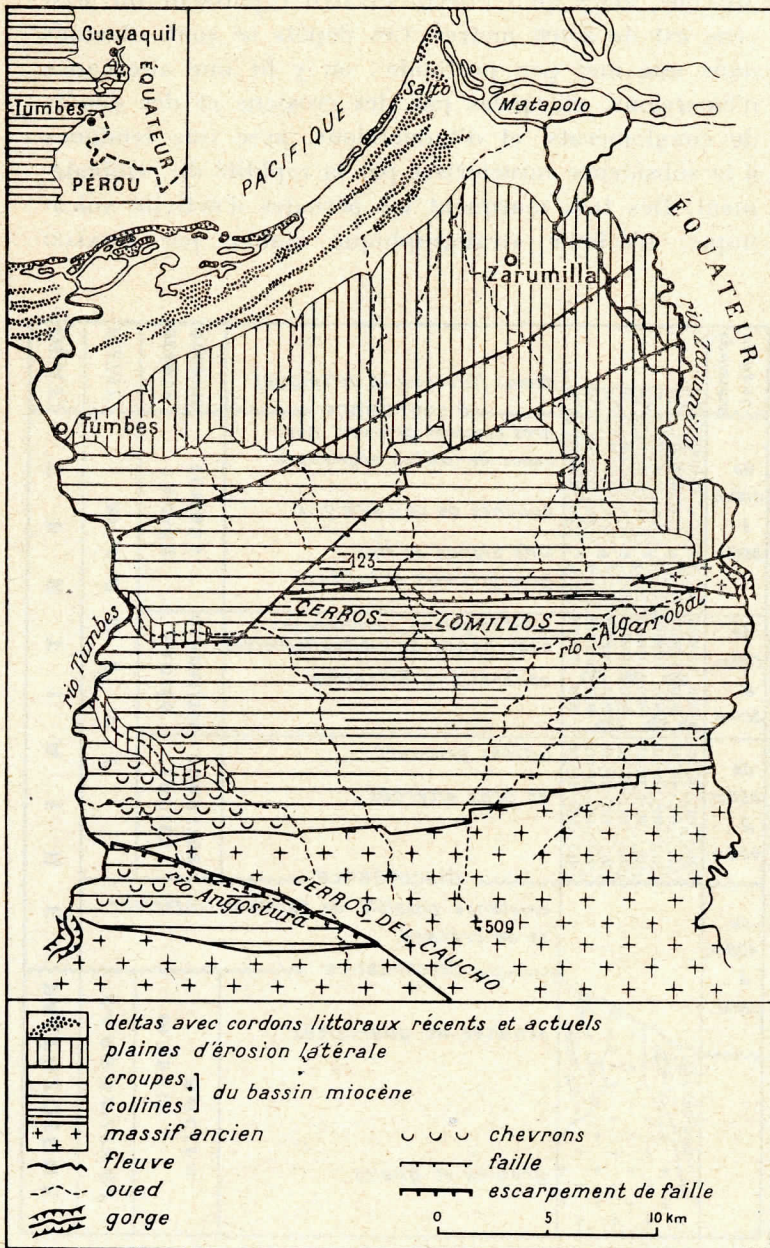
*
**

Deux unités structurales se partagent la région :

1) Le massif du Caucho, partie des Amotape, et le noyau Algarrobal-Dos Bocas. Il s'agit de schistes et de quartzites dévoniennes et carbonifères, plus ou moins métamorphisées, plissées probablement en deux phases et injectées de granite lors de la deuxième phase de plissements d'après CHALCO (granite syntectonique). Quoi qu'il en soit, la date de l'intrusion granitique est difficile à préciser car elle n'affecte aucun dépôt secondaire. Le granite qui, dans le secteur étudié, occupe la plus grande partie du Caucho, est massif, mais il passe sur les bords à un aspect feuilleté (greiss-lit par lit) et présente localement un front discontinu de migmatites.

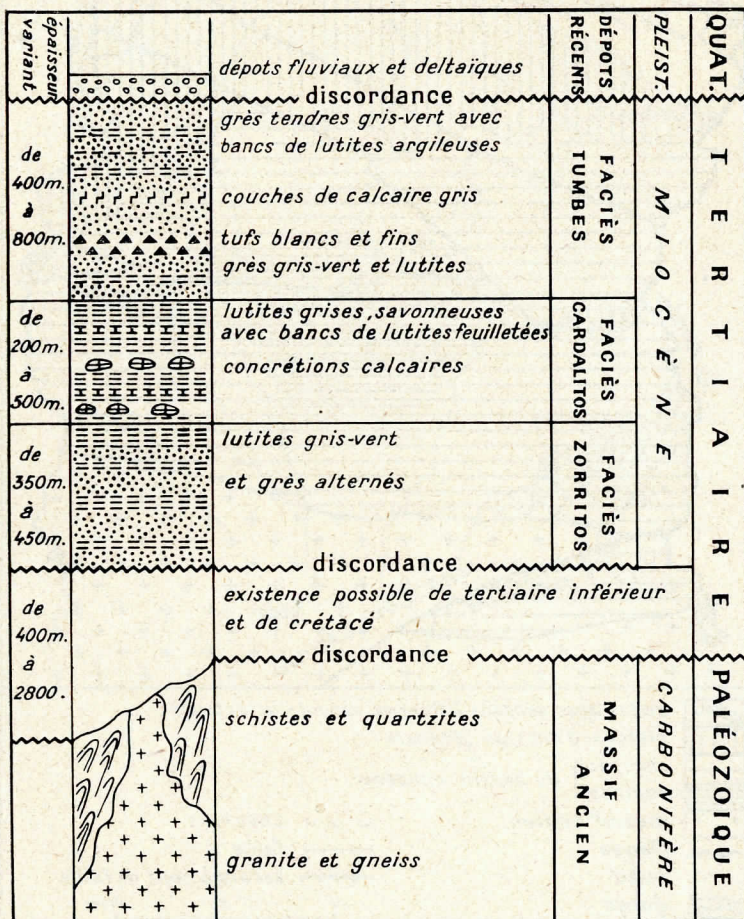
2) Le bassin sédimentaire est constitué d'un entassement considérable de couches tertiaires. Il est possible qu'à la base il y ait du Crétacé, mais jusqu'à présent cela n'a pas été prouvé. L'Eocène et Oligocène n'affleurent qu'à l'extrémité S. de la région, où ils sont recouverts par une série très épaisse d'argiles, de lutites et de sables miocènes.

La prospection géophysique a révélé 4.000 mètres de sédiments à Tumbes, dont plus de 1.000 mètres de



Carte morphologique de la région de Tumbes

Miocène, alors qu'à Puerto Pizarro l'épaisseur du Miocène est de 2.000 mètres. Ces dépôts se sont effectués dans une mer peu profonde ; on y lit une alternance d'émersions, marquées par des érosions et des dépôts de conglomérats, et d'immersions, avec une tendance à la subsidence caractérisée par la rapidité du remblaiement. Des tufs marquent les périodes d'activité volcanique. L'échelle stratigraphique établie par CHALCO



Echelle stratigraphique (d'après Chalco)

retrace l'histoire géologique de la région que le même auteur résume ainsi :

- 1) Dépôts paléozoïques (dévonien et carbonifères).
- 2) Orogenèse avec intrusion du granite Higueron.
- 3) Soulèvement et formation du continent. Les dépôts du Trias et du Jurassique, qui se rencontrent à 100 mètres à l'Est de la région, ne furent probablement pas déposés dans cette zone.
- 4) Avancée de la transgression de la mer Crétacée (Aptien Albien). Il est possible qu'une partie de la région formait alors des îles ne permettant pas le dépôt continu des sédiments jurassiques.
- 5) Soulèvement accompagné de plissements (plissements péruviens de STEINMANN).
- 6) Dépôts de sédiments de l'Eocène inférieur dans la partie nord de la région.
- 7) Soulèvement andin : plissement incaïque (STEINMANN).
- 8) Dépôt possible de l'Eocène moyen au nord de la zone.
- 9) Soulèvement suivi d'enfoncement, discordance et transgression oligocène.
- 10) Dépôts de sédiments miocènes dans une mer transgressive, activité volcanique avec dépôts de tufs — quelques plissements.
- 11) Jeux de failles et érosion actuelle.

Ainsi, il semble que l'on ait une région caractérisée par un môle granitique et paléozoïque qui émerge d'une zone généralement subsidente avec la flexure continentale se déplaçant selon les époques sur une bande de 60 à 100 kilomètres de large.

La tectonique détermine une série de blocs faillés, comme dans tout le Nord-Ouest du Pérou. Les failles sont normales et d'orientation majeure E.-W. (failles Tacunal-Algarrobal) recoupées par des failles diagonales E.-N.-E. - W.-N.-W. (faille Bellavista et faille Angos-

tura). Le pendage général des couches entre les blocs est Est-Ouest, avec une inclinaison de 10 à 15° parfois en direction du Nord (Chalco). Le bloc du Caucho est basculé vers le N.-O. et se termine en pointe vers l'Ouest, où il enferme un compartiment effondré entre un volet Sud s'affaissant vers le Nord et une faille (faille Angostura) parfaitement nette.

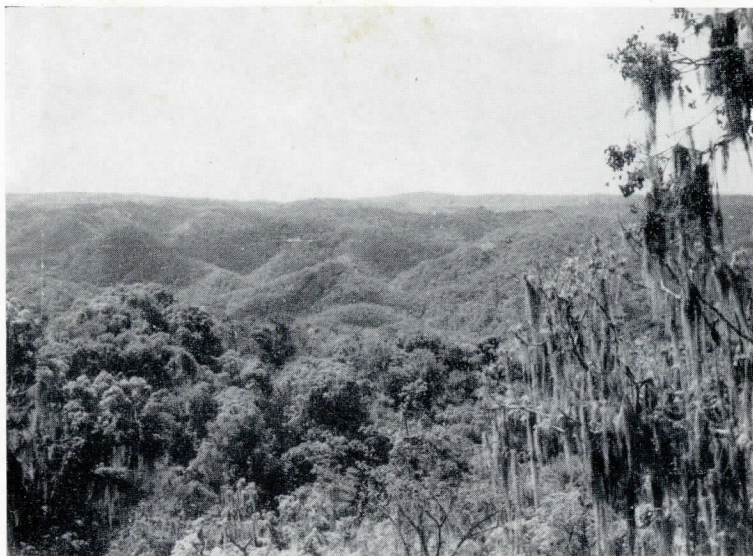
Dans le compartiment affaissé, des couches miocènes sont conservées. Le massif était probablement recouvert par le Miocène et les hautes croupes seraient les témoins topographiques d'un relief inframiocène exhumé.

*
* *

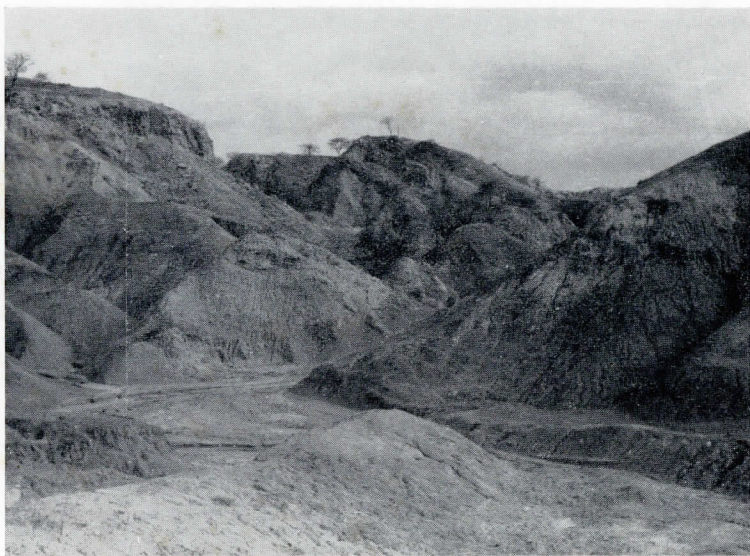
Pour comprendre la physionomie de la région, il convient d'essayer de retracer l'évolution morphologique depuis le Pliocène et de décrire les processus actuels d'érosion.

La présence sur les interfluves des collines miocènes et sur le flanc nord du Caucho des cailloutis de quartz et de granite venant des Amotapes, de dimensions comprises entre 1 centimètre et 8 centimètres, parfois polis en facettes et vernissés, prouverait la formation d'un glaciaire d'érosion entaillé dans les roches tendres en contrebas des Amotapes au plio-pléistocène sous un climat chaud et sec ; une autre explication pourrait faire intervenir des variations climatiques : une période sèche avec action éolienne survenant après une période au climat chaud, marquée par une brève saison de pluies violentes ; mais des études minutieuses devraient être poursuivies pour déterminer le rôle des paléoclimats dans le modelé.

A la même époque, la mer façonnait des surfaces d'abrasion du Nord de Chiclayo à Mancora et du Nord de la baie de Guayaquil à Santa Helena. Au nord de Talara, ces surfaces sont localement portées à 300 mètres au-dessus du niveau de l'océan (PETERSEN : *Sobre la geología de Zorritos, art. cit.*). Ainsi on peut relever au



1. — Vue des Cerros du Caucho : moutonnement des collines granitiques couvertes de forêts denses.



2. — « Bands lands » dans les argiles miocènes, avec coulées boueuses au fond des ravins.



1. — Premier plan : loupe de glissement, attaquée par le ruisselement ; deuxième plan : versant à « pieds de vache ».



2. — Attaque par ravinement d'une piste dans les collines argileuses ; les eaux s'infiltrèrent sous la piste ; soutirage suivi d'éboulements.

pliopleistocène des pulsations tectoniques transversales interférant avec les pulsations tectoniques longitudinales.

Ces surfaces, en raison de la faible résistance du matériel, se sont élaborées avec une grande rapidité. L'érosion post-miocène sur certains horsts comme le Cerro Blanco peut être évaluée entre 600 et 900 mètres (total des couches Cardalitos et Tumbes). Un équilibre a pu s'établir entre les forces de soulèvement et les agents d'érosion, le soulèvement étant gommé au fur et à mesure par l'érosion. Le Cerro Blanco doit son individualité au fait que le jeu des failles et de l'érosion a mis en valeur les couches plus résistantes de lutites. Mais d'une façon plus générale les blocs soulevés, qui jouent un grand rôle dans la recherche géologique, notamment pour le pétrole, n'ont que des conséquences morphologiques limitées ; l'importance des failles dans le relief actuel est très réduite.

Dans le massif ancien au contraire, les failles récentes jouent un grand rôle dans le relief : fossé d'Angostura, limité au Nord par une faille de 250 à 300 mètres de rejet, avec un escarpement très net au pied duquel coule l'oued. L'escarpement est façonné en facettes.

Les rios Zarumilla, Tumbes et Angostura traversent le massif ancien (cañon del Tigre pour le rio Tumbes, avec le lit dans la roche en place et profil accentué ; passage de Dos Bocas pour le rio Zarumilla). Ces rivières sont localement inadaptées à la structure. Est-ce par antécédence ou surimposition ? Des cailloutis et des sables alluviaux, avec un pendage supérieur à celui des lentilles alluviales, ont été relevés dans une terrasse qui domine d'une vingtaine de mètres le cours actuel du rio Tumbes, en aval du cañon del Tigre, et témoigneraient en faveur d'une antécédence. Des preuves plus certaines restent à trouver, mais il est également probable que le rio Angostura, comme le rio Zarumilla, se sont surimposés sur une couverture miocène, actuellement déblayée, avant de creuser leur lit dans le massif granitique. Il y a de fortes présomptions pour que ces rivières soient

localement antécédentes et surimposées, comme dans la plupart des régions de mobilisme tectonique où une des couches tendres recouvre un socle résistant.

C'est ce mobilisme qui rend difficile l'étude des terrasses que l'on trouve entre 5 et 20 mètres au-dessus des cours d'eau de la région. Quelle part faire à l'eustatisme quaternaire dans la tectonique ? Seule une analyse très précise des dépôts et de la topographie pourrait débrouiller la question.

*
**

Les processus d'érosion changent sur quelques kilomètres en passant du massif ancien, bien arrosé, au bassin sédimentaire où les pluies sont irrégulières.

Sur les Cerros del Caucho règne un climat tropical chaud (toute l'année les températures sont supérieures à 20°), avec une saison sèche et une saison humide bien marquée de la fin novembre à mai. Il tombe pendant cette période, d'après les évaluations, au minimum 1.500 millimètres d'eau. Ces précipitations permettent l'entretien d'une forêt dense de « palo de vaca » (*Absees egeersi*), de « cedrela », de « ceibo » aux branches desquels pendant des épiphytes (1). La forêt couvre tous les versants ; elle pousse sur des argiles latéritiques. D'une puissance de 1 à 3 mètres, ces argiles ont des teintes rouges-orangées. Elles conservent encore des filons de quartz en voie de décomposition ou emballent des blocs arrondis de granite. La zone de départ n'est pas nette. La roche en place est décomposée sur d'inégales profondeurs. Les feldspaths sont attaqués les premiers. L'absence d'analyse chimique ne permet pas de connaître le degré de latéritisation (2) atteint par le

(1) A. WEBERBAUER : La vegetación del norte del Perú dentro de la provincia litoral de Tumbes y partes vecinas del departamento de Piura. *Bol. de la dirección de Agricultura y Ganaderia*, Año V, N° 17, Lima.

(2) Latéritisation ou formation de kaolins ? L'analyse chimique seule peut donner leur valeur exacte à l'un ou l'autre de ces termes. Si la latéritisation était faible, elle pourrait éventuelle-

départ de la silice et la concentration d'oxydes de fer et d'alumine et, par là même, de mesurer la perte de matière. L'action chimique est importante sur le massif ancien et se joint à la descente des particules argileuses par creeping pour modeler des versants raides et réguliers, avec une concavité à peine marquée vers le bas.

Dans le bassin miocène le schéma est différent. Il règne à Tumbes et à Zorritos un climat « sénégalien » océanique caractérisé par l'extrême inégalité des chutes de pluies. La pluviométrie est liée aux irrégularités du « Niño ». Ainsi, en 1926, on relevait à Zorritos 1.265 mm de pluies, avec 11 jours de pluies en janvier, 49 en février, 24 en mars. Il tombait, le 4 mars, 190 mm, 115 le 8 et 134 le 22. En 1927, 125,6 mm en tout. En 1928, 35,1 mm. En 1929, 386,7 mm (d'après PETERSEN, *art. cit.*). Même en tenant compte d'un enregistrement peut-être imprécis, les chiffres donnés restent utilisables et montrent l'extrême irrégularité des pluies selon les années. La réussite de Pizarre, débarquant, le 16 mai 1532, près de Tumbes, s'expliquerait par son arrivée une année de pluies abondantes favorisant son ravitaillement en eau et en fourrage (LEARS 1895, MURPHY 1928, cités par PETERSEN). Pendant la saison sèche, de fréquents brouillards s'accompagnent d'un crachin, la « garua ».

Les changements pluviométriques d'une année sur l'autre ne permettent que le maintien d'une végétation xérophile avec des « algarrobos » (*Prosopis julifloris*), des « overals » (*Cordia rotundifolia*), des grands *Cereus*, dont le « cardo ». Les années pluvieuses, des graminées de 1,5 à 2 mètres de hauteur peuvent couvrir le sol.

L'érosion est surtout forte lors des premières pluies, qui tombent sur un sol incomplètement protégé et fendillé par des fentes de dessiccation qui favorisent la pénétration profonde des eaux.

ment être attribuée à l'influence de paléoclimats plus secs, soit même à un dégagement récent de la couverture miocène, limitant la durée au cours de laquelle la latérite aurait pu s'élaborer.

Selon la topographie et l'agressivité mécanique des pluies, plusieurs phénomènes peuvent être notés.

- a) « Bads lands » avec transports par flots de boue au fond des ravins.
- b) Loupes de glissements facilitées par le pendage des blocs faillés et les secousses sismiques.
- c) Sur les versants où se maintient, avec des arbustes, une végétation herbacée, descente des sols par tassements successifs déterminant des « pieds de vaches ».
- d) Dégagement en chevrons de bancs durs (lutites, poudingues) fortement inclinés, comme au sud de Cabuyal.
- e) Formation des plaines d'érosion latérale (plains of lateral corrazion) par des oueds en crue sapant la base de versants (vallée du rio Tumbes en aval du cañon del Tigre, vallée du rio Blanco) ; les glaciers faiblement inclinés dans la Pampa de Todos los Santos près de Zarumilla se forment probablement de cette façon.

Ainsi se modèle un paysage de collines parfois violemment disséquées, parfois aux formes plus douces et arrondies, passant vers le Nord à des glaciers en pente faible vers le delta du rio Tumbes. Mais ce paysage est en évolution rapide.

La superficie du bassin versant du rio Tumbes est de 3.320 kilomètres carrés, la majeure partie s'étendant dans le massif ancien où l'érosion est réduite. L'ingénieur PORTOCARRERO (*El volumen del material arrancado al continente por los ríos de la Costa Peruana. Arch. de la Asociación Peruana para el progreso de la ciencia, Tomo I, Lima, 1921*) estime à 17 millions de mètres cubes le volume de sédiments transportés chaque année par le fleuve. Répartis sur l'ensemble du bassin-versant, la tranche enlevée annuellement serait en moyenne de 5 millimètres. Ce chiffre serait supérieur dans le bassin tertiaire. Il laisse rêver..., mais témoigne de l'agres-

sivité de l'érosion. Il peut expliquer aussi la rapidité de croissance du delta.

*
**

Le delta et les atterrissements fluviomarins actuels couvrent 185 kilomètres carrés, le delta progresse dans une mer peu profonde (l'isobathe de 200 mètres est à 35 kilomètres de la côte), où les marées sont faibles (marnage moyen à Puerto Pizarro : 1,80 mètre ; maximum 2,62 mètres ; minimum 1,14 mètre). Les courants, réguliers vers le Nord-Est huit mois de l'année, portent à la côte une partie des sables et argiles arrachés aux falaises du Sud-Ouest. Ainsi s'explique l'importance du remblayage actuel de l'Ouest du rio Tumbes, où une falaise morte évolue en versant. La corrélation entre la période des crues du rio Tumbes et le courant du Niño favorise la sédimentation dans le delta de décembre à mars, en empêchant la masse des alluvions d'être transportée au large (CABRERA DE LA ROSA, *art. cit.*).

A l'Ouest du rio Tumbes, les anciens cordons littoraux sableux, parallèles et rectilignes, sont séparés par des bandes autrefois marécageuses, au sol vaseux. L'évolution du processus de sédimentation s'observe actuellement à l'embouchure du fleuve. Sur le bord interne du cordon littoral sableux, la vase se dépose latéralement lors du jusant comme la mousse savonneuse au bord d'une baignoire. La colonisation de la vase par les palétuiviers, dont le réseau de racines agit comme un filtre avec, parfois, des concrétions ferrugineuses au niveau des racines, facilite le dépôt. Les anciens méandres du rio Tumbes sont colmatés de cette façon.

En bordure de l'Océan, l'allongement des flèches littorales libres se fait par crochets successifs. Il est lié à la dérive littorale provenant de l'attaque oblique des vagues, tandis que le recourbement pourrait s'expliquer soit par la diffraction des vagues à la pointe (GUILCHER : Morphologie littorale. *Collection Orbis, P. U. F.*), soit par

le renversement de la direction des courants lors de la transgression du Niño.

L'avance mesurée de la terre ferme s'avère très rapide dans le delta. CABRERA DE LA ROSA l'estime actuellement, près de Puerto Pizarro, à 1 kilomètre par quart de siècle.

Tandis que le delta progresse, à l'intérieur le slikke devient un schorre parfois transformé en rizières comme en Guinée côtière ; des cuvettes salines, les « salitrales » étendent leur blancheur salée, colonisée sur les bords par une végétation halophile, tandis que sur les ex-cordons littoraux poussent des algarrobos, des cactées et un gros arbre bouteille, le « palo santo ».

*
**

En conclusion, il semble que pour débrouiller avec précision l'histoire récente de la région il faille faire porter les recherches sur :

1° L'analyse chimique des argiles de décomposition (kaoliniques ou latéritiques) recouvrant le granite du Caucho et sur les mesures de rapidité de descente de particules sur des versants revêtus de forêt dense.

2° Les mesures morphométriques des cailloux et cailloutis jalonnant les collines miocènes.

3° L'évaluation de l'érosion dans le bassin miocène en mesurant l'agressivité des pluies (l'intensité calculée au papier bleu de méthylène), en corrélation avec des mesures de la charge solide du rio Tumbes en période de crue.

4° La mesure de l'évolution du delta (rapidité de l'avance, modifications saisonnières ou annuelles apportées aux cordons littoraux, vitesse de sédimentation dans la mangrove).

Cette brève note n'a pour seule fin que de poser des problèmes dans une région morphologiquement exceptionnellement riche par sa variété de climats, sa composition lithologique et son mobilisme tectorique.