

PIERRE POURRUT*

Quelques remarques au sujet des phénomènes climatiques extrêmes observés en Équateur

Un des traits caractéristiques de l'Équateur est l'existence d'une véritable mosaïque de climats et de microclimats aux régimes thermiques et pluviométriques très variés. En elle-même, cette diversité confère au pays une forte originalité traduite par des paysages pouvant changer d'un extrême à l'autre à de très courtes distances. Cependant un aspect encore plus singulier est l'énorme irrégularité des totaux pluviométriques annuels observés en un lieu donné, pouvant se manifester aussi bien par des pluies anormalement abondantes que par des sécheresses aiguës, phénomènes qui affectent gravement l'économie nationale et font que le climat soit l'une des principales préoccupations de l'agriculteur, du planificateur, de l'ingénieur des travaux publics, etc. Sans aucun doute, la prédiction de ces phénomènes serait très précieuse puisqu'elle permettrait de prendre certaines précautions pour en limiter les effets et c'est pour cette raison qu'on a essayé, sans trop de succès jusqu'à présent, d'en démontrer la possible répétition cyclique. Ces cycles existent-ils vraiment ? Par ailleurs, en utilisant des arguments quelque peu subjectifs, certains avancent que la frange côtière centrale et méridionale est actuellement affectée par un processus de désertification. Est-ce vrai ?

Après un bref examen des principaux facteurs responsables des conditions climatiques générales du pays, on analysera quelques séries pluviométriques en vue de confirmer ou d'infirmer ces allégations.

(*) Mission ORSTOM, Quito - Équateur.

I. PRINCIPAUX FACTEURS DU CLIMAT ET RÉGIME HABITUEL DES PLUIES EN ÉQUATEUR

Parmi les différents facteurs astronomiques, géographiques et météorologiques, ceux qui jouent le rôle le plus important sont sans aucun doute la latitude, le relief et la présence de l'Océan Pacifique.

A. La latitude

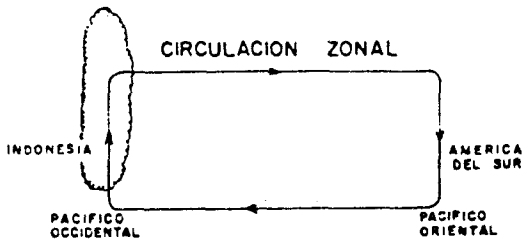
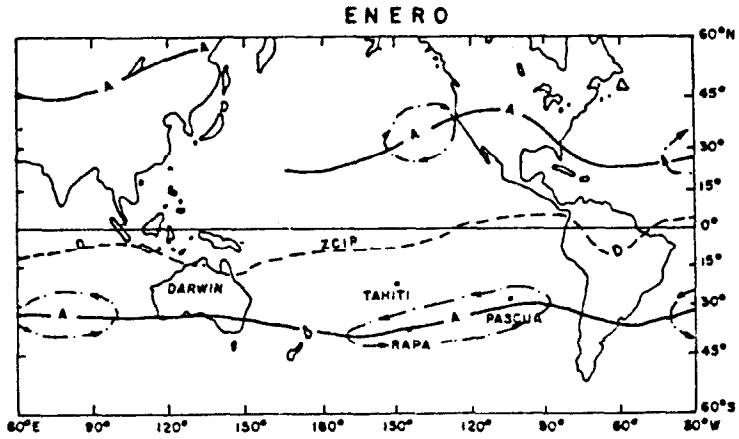
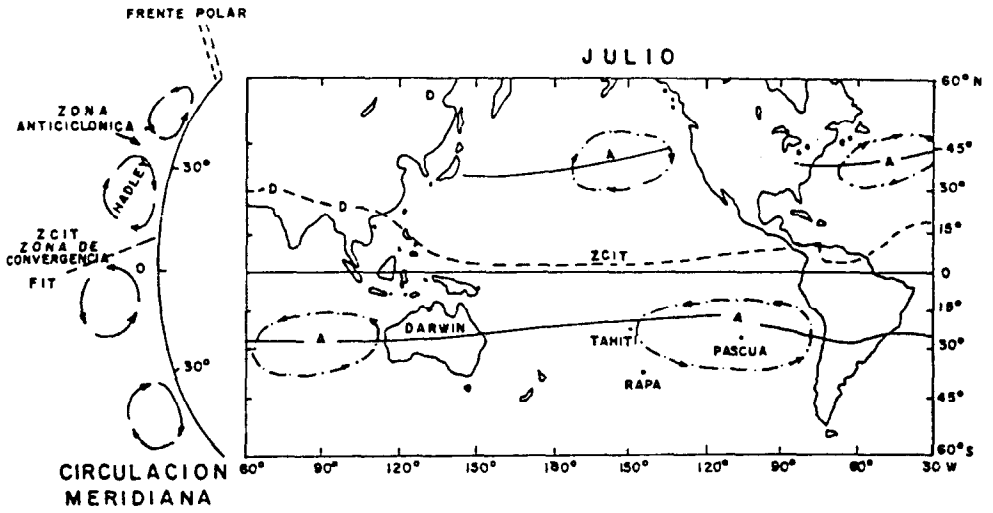
Le pays est situé sur l'équateur géographique et, par conséquent, les mécanismes qui régissent les climats et les précipitations s'assujettissent aux systèmes de circulation atmosphérique propres aux régions de basse latitude. Il est bien connu qu'autour du globe terrestre l'atmosphère est soumise à deux types de circulation, l'une méridienne et l'autre zonale, les phénomènes observés étant la résultante de ces deux tendances perpendiculaires. Entre la ligne équatoriale et les tropiques, la circulation méridienne est caractérisée par la présence de deux cellules séparées par une zone de basse pression où se situe le front intertropical FIT, la cellule septentrionale (cellule de Hadley) et par conséquent le FIT étant légèrement décalés vers le Nord. Il faut rappeler que le système suit le mouvement apparent du soleil et se déplace périodiquement vers l'hémisphère d'été, d'avril à juillet vers l'hémisphère Nord et d'octobre à janvier vers l'hémisphère Sud, ce qui permet la pénétration de masses d'air ayant des caractéristiques différentes, tempéré et peu humide dans le premier cas, chaud et humide dans le second. D'autre part, pour l'ensemble des régions équatoriales, G. Walker a mis en évidence un système de circulation zonale transversale (fig. 1) : sur les continents qui s'échauffent plus vite que les masses océaniques, l'air monte pour ensuite redescendre sur les océans plus froids. La cellule la plus importante est située sur l'Océan Pacifique et c'est ainsi que les alizés se chargent d'humidité et convergent à l'ouest vers les basses pressions de l'Australie-Indonésie, zone d'instabilité atmosphérique donnant lieu à des précipitations élevées. En altitude, l'air retourne vers l'est et redescend sur la zone froide et sèche des hautes pressions du Pacifique Sud-Est centrées sur l'Ile de Pâques.

B. La cordillère des Andes

La formidable barrière NNE-SSO de la Cordillère des Andes joue un rôle fondamental dans la formation, le déplacement et l'isolement de masses d'air local et régional. Son altitude, qui atteint plus de 6 000 m, donne naissance à des masses d'air froid, modifie le régime des précipitations, délimite des cuvettes plus sèches en faisant écran à l'entrée d'air humide, et enfin fait obstacle au contact entre les masses d'air provenant du Pacifique ou de la région amazonienne.

PHÉNOMÈNES CLIMATIQUES EXTRÊMES EN ÉQUATEUR

Figura 1.
SISTEMAS DE CIRCULACION ATMOSFERICA



C. L'Océan Pacifique

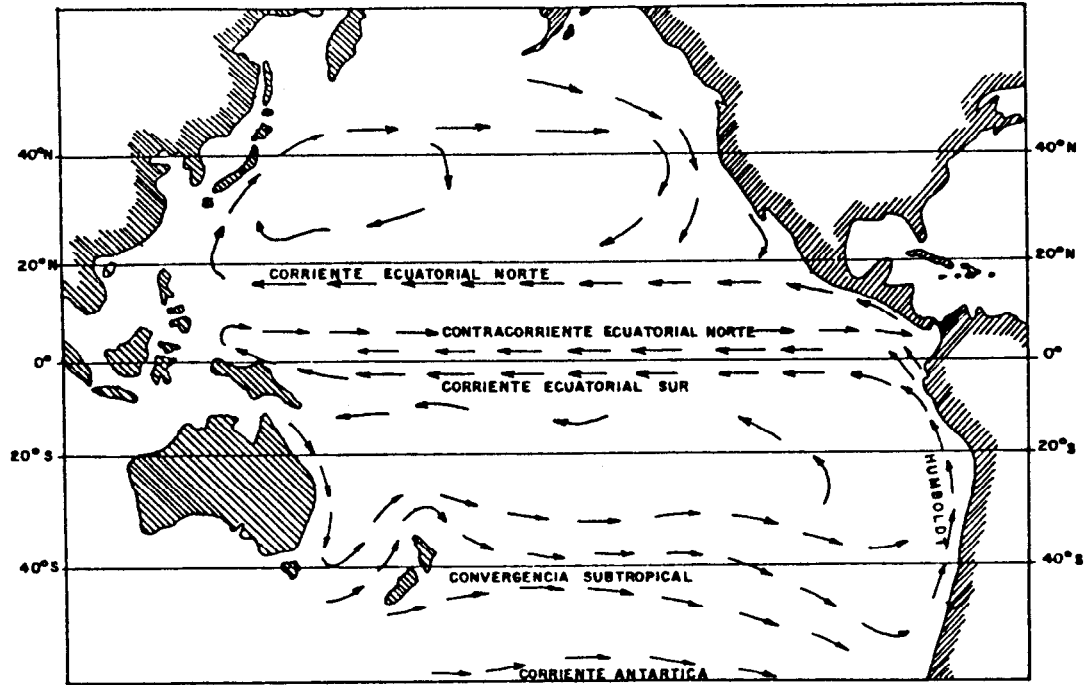
Le régime normal des masses d'air tropical océanique se trouve modifié par l'influence des courants marins. Le déséquilibre du bilan évaporation-précipitations de l'Océan Pacifique (respectivement 50 et 40 % de celui du globe) est rétabli grâce aux apports en eaux profondes provenant principalement des océans Indien et Antarctique. Ces eaux, naturellement froides étant donnée leur origine, montent en surface le long des côtes péruviennes et sud-équatoriennes grâce à l'« upwelling », qui résulte du refoulement des eaux de surface vers le nord-ouest et l'ouest suite à l'action des alizés du sud-est. Ces eaux plus chaudes et moins denses, poussées par les vents et déviées par la force de Coriolis, forment le courant équatorial Sud qui se dirige vers l'ouest, ce qui explique le niveau plus élevé de l'océan (environ 40 cm) et la profondeur plus importante de la thermocline (- 200 m au lieu de - 50 m) observés dans le Pacifique occidental.

Pour compenser le déficit ainsi laissé dans le Pacifique oriental, se forment les contre-courants équatorial Nord et équatorial Sud, tandis qu'aux latitudes plus élevées, la circulation s'organise en tourbillons sub-tropicaux, destroyre dans l'hémisphère Nord et lévogyre dans l'hémisphère Sud. Le long des côtes péruviennes et sud-équatoriennes, le courant froid de Humboldt se déplace en provenance du sud et prend ensuite une direction nord-ouest au niveau du Golfe et Guayaquil pour enfin se réchauffer et se mélanger progressivement au courant équatorial Sud (fig. 2). La zone de transition, appelée Front équatorial (FE) est généralement située entre la côte Nord du Pérou et les Iles Galapagos mais se déplace vers le nord en juillet-août-septembre et vers le sud en janvier-février-mars.

Les trois facteurs antérieurement décrits se conjuguent pour former un scénario complexe mais, quand toutes les conditions sont normales, c'est-à-dire quand l'un ou l'autre des facteurs n'a pas subi de changement anormal important, leur influence individuelle ou collective explique à peu près bien les grandes classes de climat et les régimes pluviométriques habituellement observés dans le pays :

- Sur le littoral, un régime de type tropical avec une saison des pluies unique de décembre à avril (déplacement du FIT) et de faibles totaux pluviométriques sur la frange côtière centro-méridionale (rôle du courant de Humboldt), ces derniers augmentant vers l'intérieur des terres (rôle de la Cordillère occidentale) ;
- Sur le versant oriental de la Cordillère Real et dans la région amazonienne, un régime persistant avec des pluies abondantes bien distribuées tout au long de l'année (situation du FTT, permanence des masses d'air humide amazonien) ;
- Dans le couloir interandin, un régime de type équatorial dont les deux saisons des pluies correspondent respectivement à l'entrée des masses d'air amazonien (Octobre-Novembre) ou pacifique (janvier-mai), les totaux pluviométriques étant variables suivant l'altitude, l'exposition des

Figura 2.
PRINCIPALES CORRIENTES OCEANICAS



PHÉNOMÈNES CLIMATIQUES EXTRÊMES EN ÉQUATEUR

CUADRO No. 1

PRINCIPALES CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS CLIMAS DEL ECUADOR

REGIONES	Callejón inter-andino	Hoyas abrigadas del callejón interandino	Sierra, sobre los 3500 msmm	Flancos exteriores de las 2 cordilleras	Costa noroc. y llanuras de pie de Cor. Occ.	Faja costera interna central y sur	Franjas costeras central y sur	Amazonia y Costa Norte	Islas Galápagos
Tipo Clima	Ecuatorial Mesotérmico Semi-húmedo a húmedo	Ecuatorial Mesotérmico Seco	Ecuatorial frío de alta montaña	Tropical Megatérmico muy húmedo	Tropical Megatérmico húmedo	Tropical Megatérmico seco o semi-húmedo	Tropical Megatérmico semi-árido	Uniforme Megatérmico muy húmedo	Ecuatorial Insular **
Variables Anuales	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Régimen de lluvias (numero de estaciones)	2 húmedas 2 secas	2 húmedas 2 secas	2 húmedas 2 secas	1 húmeda 1 seca	1 húmeda 1 seca	1 húmeda 1 seca	1 húmeda. 1 seca	1 húmeda	2 húmedas 2 secas
Altura de lluvias (mm)	$600 < P \leq 2000$	$P \leq 600$	$800 \leq P \leq 2000$	$2000 < P$	$1000 < P \leq 2000$	$500 < P \leq 1000$	$P \leq 500$	$2000 < P$	$200 \leq P \leq 2000$
Temperatura media (°C)	$12 \leq T < 22$	$12 \leq T < 22$	$T < 12$	$22 \leq T$	$22 \leq T$	$22 \leq T$	$22 \leq T$	$22 \leq T$	$22 \leq T$
Insolación (número de horas)	$1000 \leq I \leq 2000$	$1800 \leq I \leq 2500$	$1000 \leq I \leq 2200$	$400 \leq I \leq 800$	$600 \leq I \leq 1000$	$800 \leq I \leq 1300$	$1000 \leq I \leq 1500$	$800 \leq I \leq 1500$	$1800 \leq I$
Humedad relativa (n/ol)	$65 < h < 85$	$50 < h < 80$	$80 < h$	$90 < h$	$70 < h < 90$	$60 < h < 85$	$50 < h < 70$	$90 < h$	$50 < h < 80$
Meses secos * (numero)	$2 < N \leq 8$	$8 < N \leq 12$	$N \leq 4$	$2 < N \leq 6$	$6 < N \leq 8$	$8 < N \leq 11$	12	$N \leq 2$	$4 \leq N \leq 12$
Déficit hídrico * (mm)	$D < 150$	$150 < D < 600$	$D \leq 100$	$D \leq 500$	$250 \leq D \leq 700$	$700 < D \leq 900$	$900 < D$	$D \leq 100$	$500 \leq D \leq 1400$

* En base a ETP calculada con fórmula de THORNTHWAITE

** Clima muy heterogéneo

- versants et les reliefs transversaux qui délimitent des cuvettes abritées plus sèches (altitude et relief des deux cordillères) ;
- Dans la région insulaire, un régime de type équatorial avec deux saisons des pluies (déplacements du FIT et du FE).

Grosso modo, sans entrer dans le détail des climats microrégionaux, on peut proposer neuf grands types de climats ; leur distribution ainsi que les valeurs observées pour les différents éléments climatiques sont exposées au tableau 1.

II. VARIATIONS ANOMALES DES FACTEURS CLIMATIQUES. LEURS CONSÉQUENCES

Parmi les trois facteurs principaux antérieurement définis, on peut mettre à part le relief dont le rôle est constant et invariable, alors que la circulation atmosphérique et les conditions océaniques sont des paramètres dynamiques qui peuvent subir des changements substantiels qui viendront modifier leur action habituelle. De plus, ces deux derniers facteurs sont très intimement liés et il existe une interaction océan-atmosphère si étroite qu'il est parfois difficile de distinguer les causes de leurs effets.

Aussi bien les sécheresses que les périodes exceptionnelles pluvieuses sont provoquées par la conjugaison de certaines anomalies : modifications du système habituel des circulations de Hadley et Walker, changements du régime et de la force des alizés, variations positives ou négatives des températures superficielles de l'océan et de la thermocline et enfin déplacements ou situations anormales du FIT et du FE.

Les célèbres phénomènes du Niño qui entraînent une importante augmentation de la pluviosité, trouvent leur explication dans la théorie de la « réponse dynamique de l'océan à l'augmentation prolongée de la force des vents » soutenue par K. Wyrtki. Selon cet auteur, le maintien prolongé de violents alizés du sud-est provoque l'accumulation d'eaux chaudes et l'approfondissement de la thermocline dans le Pacifique occidental. Lorsque les vents faiblissent, l'eau antérieurement accumulée a tendance à s'écouler en retour vers le Pacifique oriental et les côtes sud-américaines : l'arrivée de ces eaux chaudes entraîne une élévation du niveau de l'océan et une baisse du niveau de la thermocline, supplantant de cette manière les effets de l'« upwelling » et marquant le début d'un Niño. Pour sa part, dans sa théorie de l'« interaction thermodynamique entre océan et atmosphère », J. Bjerknes lie l'apparition d'un Niño à la fluctuation pseudo-cyclique d'une période d'environ trois ans entre les pressions atmosphériques observées en Australie-Indonésie et dans le Pacifique Sud-Est (Tahiti-Ile de Pâques). Quand la différence de pression dépasse 14 mb pendant plus d'un an, la dépression suivante est accompagnée d'un Niño. La branche ascendante de la circulation zonale se déplace vers l'est, entre la Nouvelle Guinée et le méridien 180 degrés. L'affaiblissement des alizés et l'augmentation

des températures superficielles de l'océan contribuent au renforcement du contre-courant équatorial, ce qui se traduit par un apport d'eaux chaudes et une élévation du niveau de l'océan, les eaux étant ensuite redistribuées vers le nord et plus particulièrement vers le sud ce qui donne naissance à un Niño. Simultanément le FE se situe nettement plus au sud qu'à l'accoutumée et la circulation de HADLEY est fortement altérée puisque la zone de convergence inter-tropicale (ZCIT) occupe également une position plus méridionale et y demeure longtemps avant de migrer vers le nord.

A l'inverse, les années ayant une pluviométrie déficitaire répondent à un schéma opposé, le FE et la ZCIT occupant une position septentrionale anormale. Il est fait obstacle à la pénétration des masses d'air chaud et humide tandis que l'air relativement froid originaire de la zone du courant de Humboldt ne précipite que sous forme de pluies très faibles, « camanchacas » et « garuas ».

III. ASPECTS PARTICULIERS DES CONDITIONS PLUVIOMÉTRIQUES EN ÉQUATEUR

L'influence des événements anormaux mentionnés ci-dessus est mise en évidence par la grande irrégularité des observations pluviométriques qui présentent des pointes très élevées, qui sur la côte correspondent à des phénomènes du Niño, et des années exceptionnellement sèches. Cette irrégularité est plus accentuée dans la région littorale qui reçoit directement l'impact des masses d'air océanique, alors que dans le couloir interandin la cordillère occidentale contribue à affaiblir fortement le phénomène, distribuant de façon hétérogène ou même empêchant la pénétration de ces masses d'air. C'est ainsi que, même au cours de très forts Niños, l'augmentation des pluies dans la région interandine est très variable, les valeurs pouvant être nulles ou augmenter de 400 % à deux stations voisines, ce qui paraît indiquer que l'élévation occasionnelle des pluviométries ne fait que traduire l'augmentation de l'activité convective qui répond à des conditions très locales et donc assez aléatoires.

Pour souligner le degré d'anormalité de certains événements pluviométriques exceptionnels ou pour mettre en évidence une tendance climatique, il est nécessaire de faire référence à un intervalle de temps suffisant, c'est-à-dire analyser des séries d'observations continues et de longue durée. Pour cette raison on a choisi la station de Quito comme représentative de la Sierra et les stations de Guayaquil, Milagro, Machala et Portoviejo (cette dernière ayant été choisie pour sa situation exceptionnelle quoiqu'elle présente d'importantes et fréquentes lacunes) pour caractériser la région littorale. On a dû cependant compléter souvent l'information soit, en utilisant les moyennes interannuelles pour les mois manquants, soit en établissant des corrélations entre stations voisines lorsque l'année entière était trop défailante. Par ailleurs, la période de référence choisie a été l'année calendaire, tout autre découpage n'améliorant pas substantiellement les résultats recherchés. Le traitement statistique appliqué à ces séries a consisté principalement en :

- rechercher une loi de distribution adaptée afin d'évaluer la fréquence des événements pluviométriques exceptionnels, tels les Niños de 1925, 1939, 1941, 1953, 1957, 1958, 1965, 1975, 1976, 1983 et les années extrêmement sèches, en particulier 1926 et 1960 dans la Sierra et 1952 et 1968 sur le littoral ;
- étudier la distribution dans le temps des pointes et des années déficitaires ;
- rechercher une tendance générale en essayant d'éliminer l'influence des variations accidentelles et l'effet des fluctuations de courtes durées, grâce à :
 - le calcul de moyennes mobiles en remplaçant chaque valeur par la moyenne arithmétique entre elle-même et les voisines $(n-2 + n-1 + n + n+1 + n+2)/5$;
 - le calcul de moyennes mobiles pondérées qui prennent en compte les années antérieures, utilisant pour cela une forme exponentielle décroissante suivant la méthode proposée par J.C. Olivry ;
 - le tracé des diverses droites de régression, aussi bien pour les données brutes observées que pour les moyennes mobiles et les moyennes mobiles pondérées.

Ce traitement et les graphiques correspondants présentés aux figures 3, 4, 5, 6 et 7 permettent de tirer les enseignements suivants :

1. L'estimation des pluviométries correspondant à des années exceptionnelles sèches ou humides est présentée au tableau 2.
2. Les séries observées sur la costa et dans la Sierra sont la plupart du temps indépendantes.
3. Les années très pluvieuses ont une distribution pratiquement au hasard. Cette observation est également valable pour les années très sèches.
4. Quoique le nombre d'événements et la durée des séries soient insuffisants pour tirer des conclusions définitives, on peut observer que sur la côte les Niños sont précédés par une année de faible pluviométrie et que celle-ci se situe sur la phase décroissante des moyennes mobiles. Bien entendu, ceci ne veut en aucun cas dire qu'une année sèche sera obligatoirement suivie par un Niño.
5. A Quito, l'examen des moyennes mobiles met en évidence une « pseudo-cyclicité » dont les pics sont centrés sur les années 1899, 1916, 1933, 1952, 1970, c'est-à-dire que les intervalles de temps les séparant sont très voisins puisqu'ils varient de 17 à 19 ans.
6. La série de Quito montre une légère tendance à la baisse des pluviométries annuelles, de l'ordre de 1,3 mm par an : $P_{mm} = 1287 - 1,3 t$; où t est le nombre d'années écoulées depuis le début des observations.
7. Jusqu'à 1982, les quatre séries observées sur la côte mettent aussi en évidence une forte tendance à la baisse, de l'ordre de 7 mm par an à Machala, Portoviejo et Guayaquil, atteignant même près de 16 mm par an à Milagro.

CUADRO No. 2

PLUVIOMETRIAS ANUALES EXCEPCIONALES, EN mm, T		PERIODO DE RETORNO			
REGION	SIERRA	COSTA			
ESTACION	Quito	Guayaquil	Milagro	Portoviejo	Machala
Mediana	1193	997	1407	485	490
Años húmedos					
T = 100 años	1815	3285	3374	1350	1730
T = 50 años	1728	2857	3082	1200	1500
T = 10 años	1500	1922	2350	855	985
Años observados con $T \geq 100$	1917	1983	1983	1983	1932-1983
Años secos					
T = 100 años	785	400	407	180	125
T = 50 años	824	435	485	200	148
T = 10 años	947	560	757	275	235
Años observados con $T \geq 100$	1926	1968	1982	1968	1952

Machala :	Pmm = 724 - 7t
Portoviejo :	Pmm = 710 - 7,7t
Guayaquil :	Pmm = 1350 - 7,6t
Milagro :	Pmm = 1948 - 15,8t

Etant donné la pluviosité relativement plus élevée de Guayaquil et de Milagro ce phénomène passe presque inaperçu, tandis qu'à Machala, Portoviejo et en général sur toute la frange littorale sud et centrale la baisse enregistrée est perçue avec une plus grande acuité, ce qui accrédite la version populaire de l'existence d'un actuel processus de désertification.

8. Pour essayer d'estimer la véritable influence des divers Niño sur le processus mentionné ci-dessus, les séries observées ont été modifiées en remplaçant les valeurs des années affectées par un Niño par la valeur de la moyenne arithmétique générale et il a été procédé au calcul des droites de régression correspondantes :

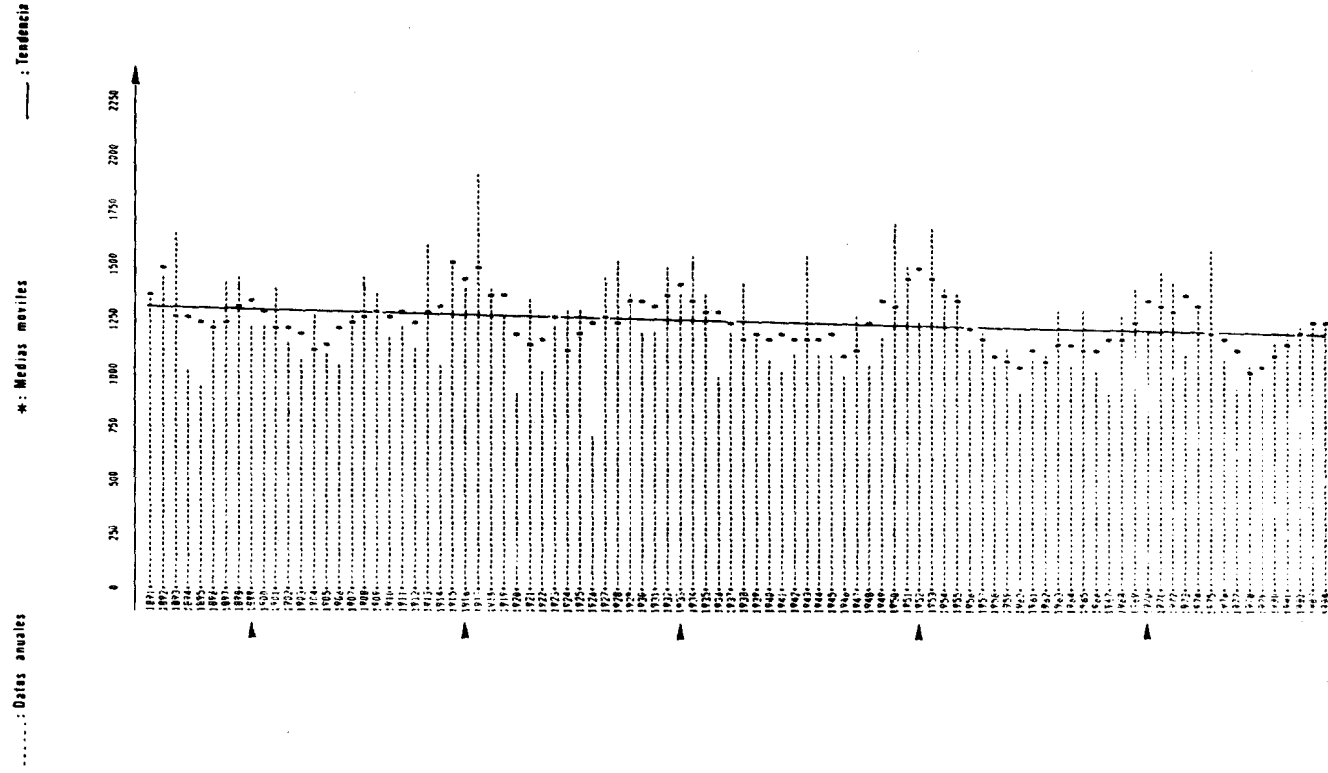
Machala :	Pmm = 533 - 3,3t
Portoviejo :	Pmm = 609 - 5,5t
Guayaquil :	Pmm = 1194 - 6,7t
Milagro :	Pmm = 1673 - 12,3t

IV. CONCLUSIONS

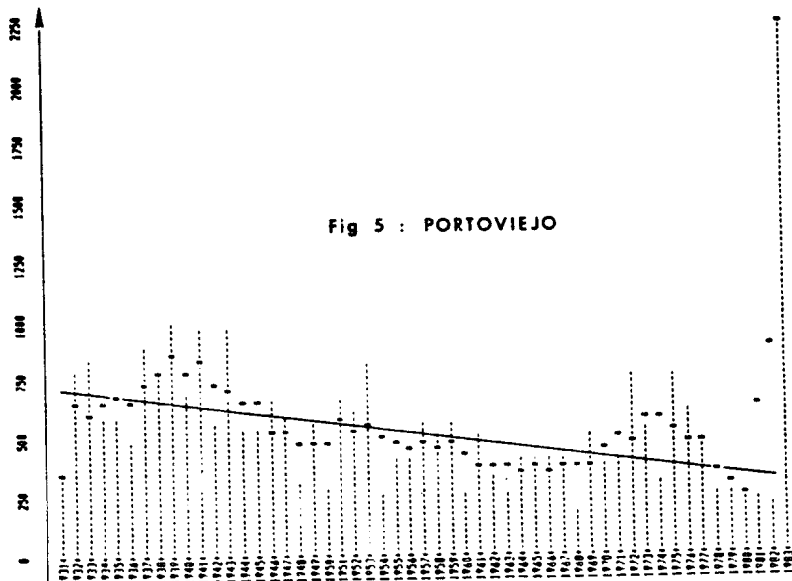
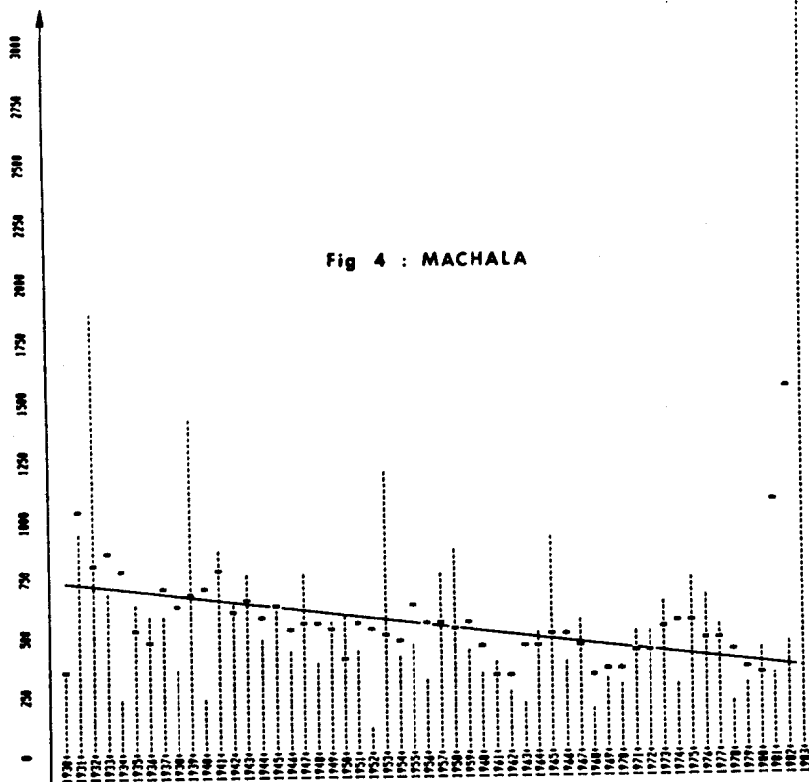
L'analyse statistique à laquelle les séries pluviométriques observées ont été soumises, bien qu'elle ne permette pas une véritable prédiction des événements pluviométriques exceptionnels ou des totaux pluviométriques futurs, donne cependant quelques précieuses indications. C'est ainsi qu'à Quito, il n'est pas déraisonnable de penser que la tendance actuelle se poursuivra jusqu'à environ 1988 et qu'ensuite il se pourrait que les pluviométries aient une tendance à la baisse. Dans la région littorale il est également impossible de prédire avec exactitude l'apparition d'un Niño mais certains indices telle que la simultanéité d'une année très sèche observée lors d'une période à pluviométrie décroissante, s'ajoutant aux autres indicateurs classiques (variation positive du niveau de l'océan, augmentation significative de la température superficielle des eaux, renforcement prolongé de la force des alizés et anomalies de l'Oscillation Sud) constituent des éléments d'appréciation très précieux pour prévoir un Niño. Du moins, comme dit le proverbe, « mieux vaut prévenir que guérir » et cela permettrait de prendre certaines précautions préalables.

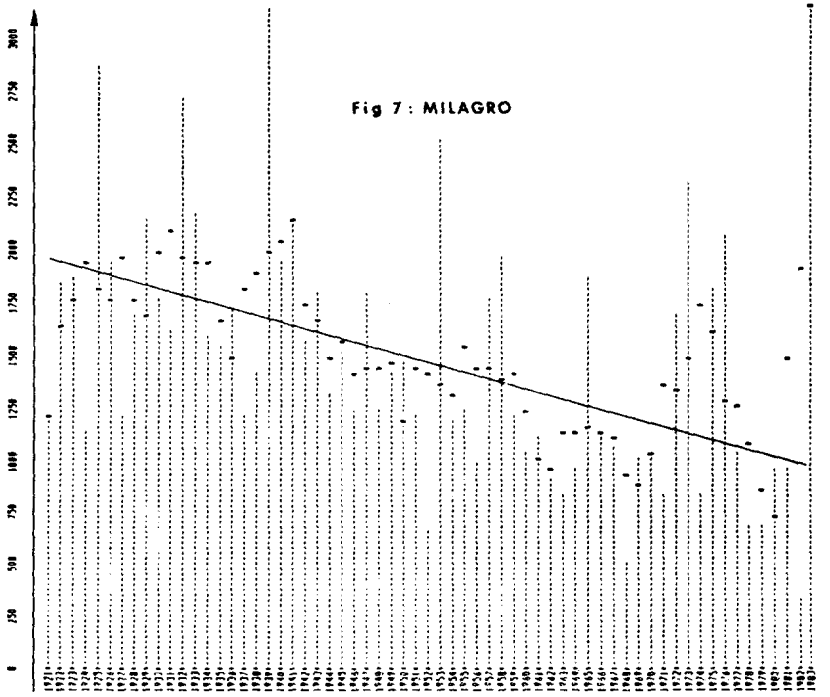
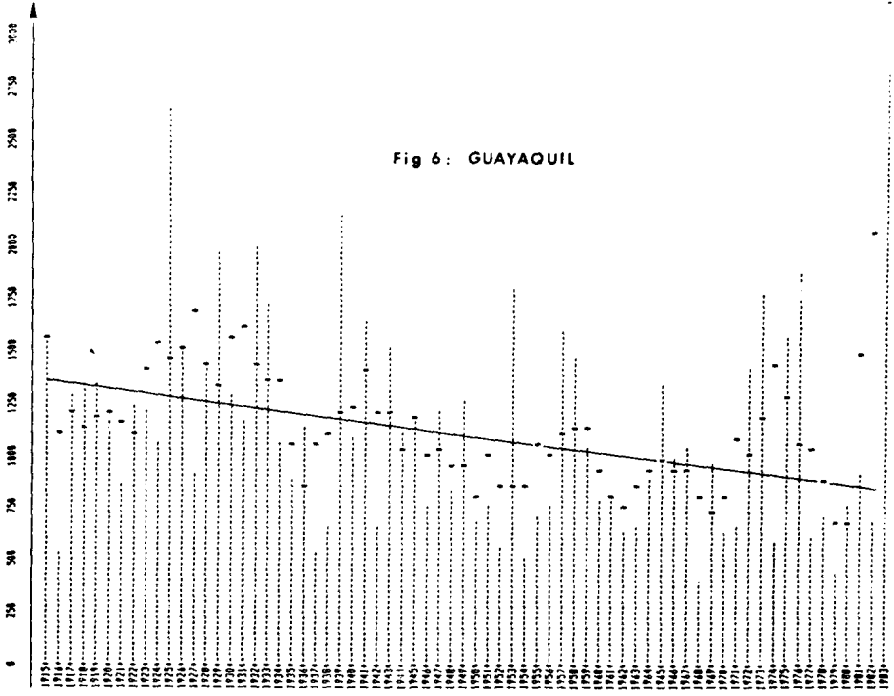
D'autre part, on a pu mettre en évidence la tendance décroissante des pluviométries, ce qui implique deux aspects complémentaires. Le premier est que les valeurs indiquées au tableau 2 pour les années sèches de fréquence rare sont légèrement surestimées puisqu'elles ont été calculées avec l'ensemble de la série. Le second est que, si on élimine l'influence des Niños, les pentes des droites de régression sont plus faibles mais la tendance à la baisse persiste et un simple

Fig 3 : QUITO



PHÉNOMÈNES CLIMATIQUES EXTRÊMES EN ÉQUATEUR





calcul montre que les totaux annuels seraient encore plus déficitaires : rendons aux Niños ce qui leur appartient... ils ont au moins cet aspect bénéfique.

Quoiqu'il en soit, et bien que les inquiétudes soient légitimes, il serait bien audacieux de pronostiquer que, dans la zone littorale, les pluviométries continueraient à décroître jusqu'à disparaître complètement. Toute considération de cet ordre doit absolument prendre en compte un cadre temporel beaucoup plus ample que celui des séries disponibles afin de situer ces dernières dans un large contexte historique. Ceci permettrait de se rendre compte s'il s'agit d'un phénomène dont l'origine est très lointaine ou si les pluviométries sont sujettes à une certaine pseudocyclicité et, dans ce cas, d'en estimer la période. A notre grande surprise. Les récits de la Condamine mentionnent la présence de marécages dans la région de Manta, connue actuellement pour sa sécheresse. Où est la vérité ? La parole est aux historiens.

BIBLIOGRAPHIE

- ARLERY (R.), GRISOLET (H.), GUILMET (B.). Climatologie, méthodes et pratiques. Gauthiers-Villars.
- CLIMATE ANALYSIS CENTER NMC-NWS, 1983. The 1982-1983 Pacific Warm Episode Intense El Niño conditions persist in Eastern Equatorial Pacific. In Special Climate Diagnostic Bulletin, NOAA-Washington.
- DESBOIS (M.), 1983. Les responsables de ce désordre climatique : El Chinchon et el Niño. In : *La Recherche* 150.
- FRANCOU (B.), PIZARRO (L) 1985. « El Niño » y la sequia en los Altos Andes Centrales. *Bull. IFEA*, XIV, N. 1-2.
- INOCAR : Acta oceanografica del Pacifico, Guayaquil, Ecuador.
- INOCAR, 1983 : Boletín de Prensa, N. 17, Guayaquil, Ecuador.
- MOREANO (H.), ZAMBRANO (E.), CORDERO (C.), CERVANTES (E.), SUESCUM (DE R.), VASCONCELLOS (O.) Y PAREDES (N.) ; El Niño 1982-1983, su formacion, su desarrollo y sus manifestaciones en aguas ecuatorianas. Instituto Oceanografico de la Armada, Guayaquil, Ecuador.
- NOUVELOT (J.F.), 1982. *Normas pluviometricas propuestas par el Ecuador*. Ed. PRONAREG/ORSTOM. Quito, Ecuador.
- NOUVELOT (J.F.), POURRUT (P), 1984-1985. « El Niño » - Phénomène océanique et atmosphérique - Importance en 82-83, *Cahiers ORSTOM, Hydrol.*, XXI, N. 1.
- OLIVRY (J.C.) : Le point en 1982 sur l'évolution de la sécheresse en Sénégal et au Cap Vert. *Cah. ORSTOM, Hydrol.*, XX, N. 1, 1983.
- PHILANDER (S.G.H.) : « El Niño » southern oscillation phenomena. NOAA/Geophys. fluid dynam. labo. - Princeton University.
- POURRUT (P.) : Los climas del Ecuador - Fundamentos explicativos. Publicaciones IPGH-ORSTOM, N.4.
- WYRTKI (K.). « El Niño », in : *La Recherche*, N. 106.