

RÉGIONALISATION DE L'INFLUENCE DU EL NIÑO SUR LES PRÉCIPITATIONS DE L'ÉQUATEUR

*Frédéric ROSSEL **, *Raúl MEJÍA ***, *Gonzalo ONTANEDA ***,
*Rodrigo POMBOSA ***, *Javier ROURA ***, *Patrick LE GOULVEN ****, *Éric*
*CADIER ****, *Roger CALVEZ ****

Résumé

L'homogénéisation des séries pluviométriques de 210 stations réparties entre les régions côtières, la cordillère des Andes et le versant amazonien de l'Équateur permet d'étudier pour la première fois, sur une période de 30 ans, l'influence du Niño sur les précipitations annuelles. Cette influence est analysée et quantifiée à l'aide de plusieurs méthodes statistiques et numériques qui mettent en évidence le lien entre les précipitations annuelles et le Niño. La comparaison et la synthèse des résultats obtenus avec ces différentes analyses nous permettent de diviser l'Équateur en trois régions. La première, où l'influence du Niño sur les totaux pluviométriques annuels est forte, la seconde où elle n'est pas significative, et une zone intermédiaire où l'influence varie selon les événements El Niño.

Mots-clés : *Équateur, El Niño, homogénéisation des précipitations, régionalisation des précipitations.*

REGIONALIZACIÓN DE LA INFLUENCIA DE EL NIÑO SOBRE LAS PRECIPITACIONES EN EL ECUADOR

Resumen

La homogeneización de las series pluviométricas de 210 estaciones de la Costa, de la Sierra y del Oriente permite estudiar por primera vez, sobre un periodo de 30 años, la influencia de El Niño sobre las precipitaciones anuales del Ecuador. Esta influencia está analizada y cuantificada gracias a varios métodos estadísticos y numéricos que hacen resaltar las relaciones entre las precipitaciones anuales y el Niño. La síntesis de los resultados obtenidos con los diferentes métodos permite dividir el Ecuador en tres regiones. La primera, donde la influencia del fenómeno El Niño sobre los totales pluviométricos anuales es elevada, la segunda donde esta influencia no es significativa, y una zona intermedia en donde la influencia fluctúa de un evento al otro.

Palabras claves: *Ecuador, El Niño, homogeneización de precipitaciones, regionalización de precipitaciones.*

*IRD (ex-ORSTOM), 6r. Brion, 30270 St Jean du Gard, France; rossel@gr1.grl.ars.usda.gov

** INAMHI, I-aquito 700 y Corea, Quito, Ecuador; inamhi1@ecnet.ec.

*** IRD (ex-ORSTOM), B.P. 5045, 34032 Montpellier cedex, France
Eric.Cadier@mpl.orstom.fr

REGIONALIZATION OF EL NIÑO INFLUENCE ON RAINFALL IN ECUADOR

Abstract

Homogenization analysis of rainfall series of 210 rainfall stations from the coast, the highlands, and the eastern part of Ecuador allows to study for the first time, over a period of 30 years, the influence of El Niño on the annual precipitation in Ecuador. This influence is analysed and quantified using several statistical and numerical techniques that point out the relation between annual precipitation and El Niño. Synthesis of the results obtained using the different methods allows the division of Ecuador into three regions. The first region where the influence of El Niño over the annual precipitation is very high, the second region where this influence is not significant and an intermediate zone where its influence varies from one event to the other.

Key words: *Ecuador, El Niño, Rainfall Homogenization, Rainfall Regionalization.*

INTRODUCTION

La relation entre les excès ou les déficits pluviométriques et l'occurrence ou non d'un Niño a été étudiée dans la plupart des pays proches de l'océan Pacifique (Rogers, 1988 ; Kousky & Ropelewski, 1989 ; Simpson *et al.*, 1993) ainsi que dans des régions plus éloignées comme l'Inde ou l'Afrique (Kiladis & van Loon, 1988) ou encore de l'ensemble de la planète (Ropelewski & Halpert, 1996). Au nord-ouest de l'Amérique du Sud le Niño provoque des précipitations et des écoulements supérieurs à la normale sur la façade pacifique du nord du Pérou, alors qu'il se traduit généralement par un déficit plus au nord sur le versant de la mer des Caraïbes en Colombie.

La limite entre ces deux comportements antagonistes restait mal définie en raison de la non prise en compte des données hydro-pluviométriques de l'Équateur. Cet article se propose de combler cette lacune en déterminant l'influence du Niño sur les précipitations de l'Équateur. Pour cela, nous avons homogénéisé les séries pluviométriques des régions côtières, de certaines vallées inter-andines et du versant amazonien. Cette critique a permis de délimiter des zones pluviométriques homogènes à l'intérieur desquelles les séries chronologiques annuelles des stations pseudo-proportionnelles (Rossel, 1997). Les variations inter-annuelles des précipitations de chaque zone peuvent être représentées par un seul indice pluviométrique (Brunet-Moret, 1979). Le calcul de ces indices pluviométriques régionaux (mensuels et annuels) continus sur la période 1964-1993 a permis d'analyser, pour la première fois sur une période de 30 ans, comprenant plusieurs événements El Niño, l'influence de ce phénomène sur la pluviométrie annuelle de l'Équateur.

1. DONNÉES

1. 1. Indices pluviométriques

Plusieurs études préliminaires ont montré que le Niño n'avait pas d'influence significative sur les totaux pluviométriques annuels des vallées inter-andines ou du versant amazonien (Sémiond, 1995 ; Rossel *et al.*, 1996). Nous nous sommes donc

principalement intéressés aux régions côtières ; nous avons toutefois étudié quatre vallées inter-andines et une région située sur le versant amazonien afin de confirmer cette hypothèse de non-influence du Niño sur les totaux pluviométriques de ces régions.

Au total, 210 séries pluviométriques ont été homogénéisées, soit plus de 3 000 stations X année sur la période comprise entre 1964 et 1993. L'homogénéisation des séries annuelles et mensuelles a été réalisée avec la méthode du "vecteur régional" définie par Brunet-Moret (1979).

Cette méthode est basée sur le principe de pseudo-proportionnalité entre les différentes séries de totaux pluviométriques d'une zone homogène.

Les variations inter-annuelles des séries des stations de chaque zone peuvent être représentées par une seule série de valeurs : le vecteur régional. Les composantes de ce vecteur sont équivalentes à une moyenne pondérée des anomalies pluviométriques de chaque station (Le Goulven *et al.*, 1988). La critique des séries de chaque station est réalisée par leur comparaison avec le vecteur régional (Le Goulven & Alemán, 1992). L'utilisation de cette méthode a permis de diviser le littoral de l'Équateur en treize zones pluviométriques homogènes (Rossel *et al.*, 1995). Nous disposons donc de dix-huit indices pluviométriques annuels continus sur la période 1964-1993, treize dans les régions côtières, quatre dans les vallées inter-andines et une sur le versant amazonien (Fig. 1).

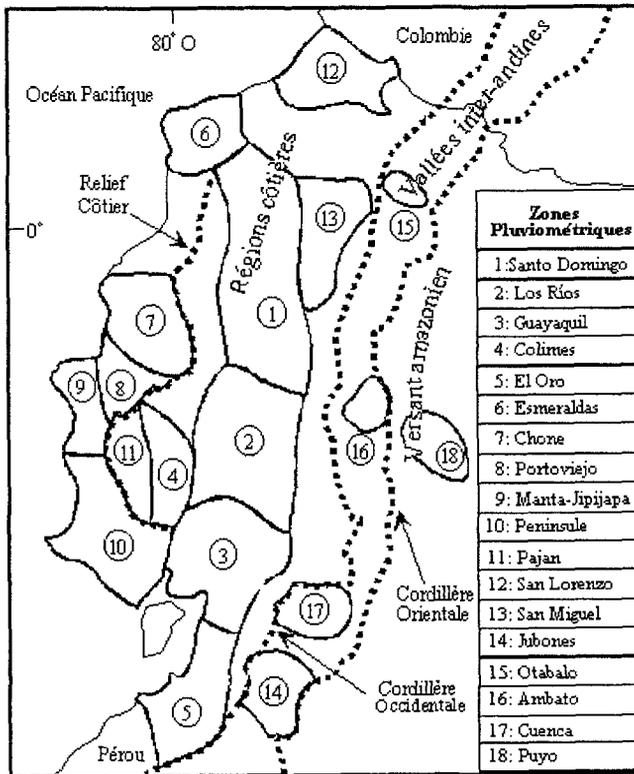


Fig. 1 - Situation des 18 zones pluviométriques homogènes.

1. 2. Identification et caractérisation des années Niño

Nous utilisons une méthode simple d'identification des années Niño qui utilise un indice de Température Superficielle de la Mer (TSM) du Pacifique oriental disponible en temps réel et qui correspond aux caractéristiques générales du phénomène. Nous considérons qu'un Niño correspond à une séquence d'au moins trois mois consécutifs pendant laquelle la TSM mensuelle du bloc Niño 1+2 est supérieure à 23°C et présente une anomalie positive supérieure à 1°C. Au cours de la période de 1964-1993, huit séquences correspondent à la définition que nous proposons (Fig. 2). Ces épisodes peuvent être associés aux huit années hydrologiques (septembre à août) suivantes : 1965, 1969, 1972, 1973, 1976, 1983, 1987, 1992. Elles correspondent aux années reconnues comme des années Niño par la plupart des auteurs (Rasmusson & Carpenter, 1983 ; Quinn, 1993).

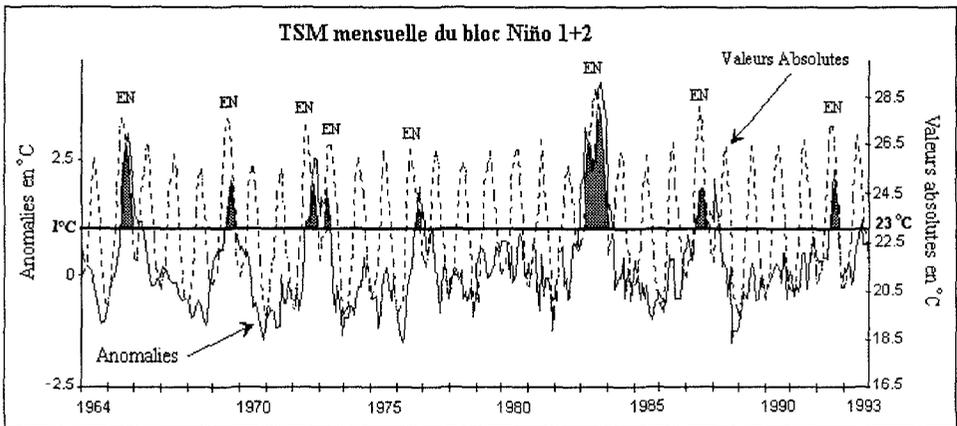


Fig. 2 - Valeurs absolues et anomalies de la TSM du bloc Niño 1+2 de la période 1964-1993. La droite 1°C/23°C correspond au seuil que les anomalies et valeurs absolues de TSM doivent dépasser pendant au moins 3 mois consécutifs pour que l'on soit en présence d'un Niño. Les périodes grisées marquées EN correspondent aux Niño.

2. ANALYSE

2. 1. Simultanéité entre les années de pluviométrie excédentaire et les années Niño

L'examen de la simultanéité ou de la coïncidence entre les années Niño et les années de pluviométrie excédentaire permet d'estimer de manière simple la relation des totaux pluviométriques annuels avec ce phénomène. Un total pluviométrique annuel est considéré excédentaire lorsque l'anomalie observée est supérieure à un demi écart-type. Il est considéré normal lorsque la valeur absolue de l'anomalie est inférieure à un demi écart-type. Il est considéré comme déficitaire quand l'anomalie est négative et supérieure en valeur absolue à un demi écart-type.

Les zones Santo Domingo (Fig. 3a), Los Ríos, Guayaquil, Colimes, Chone, El Oro et Manta-Jipijapa présentent une réponse positive très marquée aux Niño. À l'exception de l'événement de 1969, tous les Niño correspondent à une année de

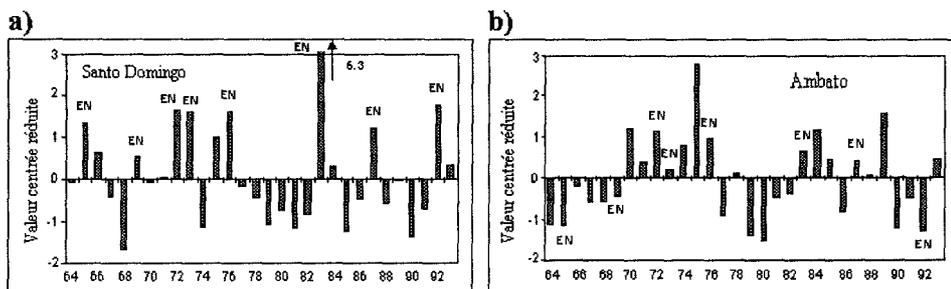


Fig. 3 - Les années marquées EN correspondent aux années Niño. Le Niño semble jouer un rôle prépondérant sur l'occurrence de précipitations excédentaires de la région de Santo Domingo (a) alors qu'il ne semble pas y avoir de lien avec les totaux de la zone d'Ambato (b).

pluviométrie supérieure à la normale. Le phénomène El Niño semble donc être fortement lié aux excédents pluviométriques annuels, car les années excédentaires qui ne correspondent pas à l'occurrence d'un Niño sont généralement moins fortes, elles peuvent être expliquées par d'autres causes qui ne sont pas liés au Niño comme des circulations atmosphériques locales ou une activité de la zone de convergence intertropicale supérieures à la normale. Il semble que l'influence du Niño sur la pluviométrie soit également forte dans les zones de l'ouest et du sud de la côte mais à un degré moindre pour les zones de Portoviejo, Péninsule, Pajan et Esmeraldas.

Dans les zones situées au nord de la côte, San Lorenzo et San Miguel, la liaison entre l'occurrence des Niño et les précipitations excédentaires est plus lâche. Parmi les zones de la cordillère des Andes et du versant amazonien, seule celle de Jubones semble être légèrement influencée par El Niño. Sur les huit événements de la période 1964-1993, quatre correspondent à des précipitations excédentaires, trois à des normales et un à des déficitaires. Le régime pluviométrique de cette zone du Jubones, située dans une vallée inter-andine ouverte vers l'ouest, semble influencé par le cycle saisonnier du littoral. Par contre, les totaux pluviométriques annuels des zones d'Otavalo, d'Ambato (Fig. 3b), de Cuenca situées dans les vallées inter-andines et de Puyo sur le versant amazonien n'ont pas de lien apparent avec l'occurrence d'un Niño.

2. 2. Le Niño exceptionnel de 1983

Sur les régions côtières de l'Équateur, les totaux du Niño exceptionnel de 1983 ont été nettement supérieurs à ceux des 7 autres Niño étudiés. Par exemple, 2 800 mm ont été enregistrés à Salinas (zone n°10) alors que la moyenne des précipitations des 29 autres années de la période 1964-1993 n'était que de seulement 200 mm. On peut donc supposer que l'année 1983 appartient, au sens statistique du terme, à une population minoritaire d'événements dont les totaux pluviométriques sont nettement supérieurs à la moyenne. La prise en compte de ces valeurs extrêmement fortes masqueraient les anomalies provoquées par les autres événements et biaiserait les ajustements statistiques réalisés sur un échantillon de taille réduite (30 ans). Nous avons donc préféré effectuer

l'analyse des 7 autres Niño, sans prendre en compte les valeurs du Niño de 1983 dans les analyses et calculs statistiques qui suivront.

2. 3. Différences entre les moyennes des années Niño et normales

La différence entre les moyennes des totaux des années Niño et normales permet de quantifier globalement les anomalies pluviométriques correspondant au Niño (Tableau 1).

Ces anomalies sont significatives (différence $\geq 40\%$ et ≥ 250 mm) dans la majeure partie des régions côtières de l'Équateur. Exprimées en pourcentage, elles sont maximum pour les régions semi-arides du sud-ouest et se réduisent vers le nord-est. Alors qu'exprimées en millimètres, elles sont plus importantes pour les groupes proches de la Cordillère des Andes où les précipitations moyennes sont les plus élevées.

Tableau 1 - Différences entre les moyennes des précipitations des années Niño (1983 exclu) et normales exprimées en pourcentage et en millimètres.

N°	Zone	Précipitation de la période 1964-1993 (1983 exclu)	Différence entre la moyenne des années Niño sans 1983 et des années normales	
			Exprimée en %	Exprimée en mm
1	Sto Domingo	2700	43	1048
2	Los Ríos	2000	49	889
3	Guayaquil	1400	80	967
4	Colimes	1300	98	998
5	El Oro	800	71	496
6	Esmeraldas	2000	41	724
7	Chone	1000	46	441
8	Portoviejo	660	70	394
9	Manta-Jipijapa	360	85	256
10	Péninsule	260	177	316
11	Pajan	1100	43	424
12	San Lorenzo	3300	23	724
13	San Miguel	3000	13	388
14	Jubones	630	15	92
15	Otavalo	1100	-5	-52
16	Ambato	590	0	1
17	Cuenca	820	-4	-36
18	Puyo	4600	2	106

Au nord du littoral (zone de San Lorenzo) où les précipitations moyennes sont les plus importantes, cette différence est supérieure à 700 mm, mais elle ne représente plus que 23 % d'augmentation. Sur les précipitations des groupes San Miguel du versant occidental de la cordillère des Andes et des vallées inter-andines du Jubones, l'influence

du phénomène se traduit par une différence relativement faible d'environ 15 %. Pour les trois autres groupes de la Sierra (Ambato, Otavalo, Cuenca) et celui du versant amazonien (Puyo), les totaux annuels ne sont pas significativement différents les années Niño, les différences sont inférieures à 5%.

2. 4. Analyse en composantes principales des indices pluviométriques

Afin de préciser les zones où les variations des totaux pluviométriques annuels sont similaires et liées au Niño, nous avons réalisé une Analyse en Composantes Principales (ACP). Les variables considérées sont les valeurs centrées réduites des indices pluviométriques annuels des dix-huit zones, les individus sont les années hydrologiques de 1964 à 1993 (1983 exclu).

2. 4. 1. Graphique des variables : Fig. 4

a) *La première composante* explique 56,5% de la variance totale, elle correspond à l'abondance et peut être considérée comme le lien des indices pluviométriques avec le Niño :

- Les indices des zones 1 à 10 de la côte sont regroupés et compris entre 0,25 et 0,30 ; les plus élevés sont ceux des zones les plus proches de la cordillère des Andes (1, 2, 3). Ces zones sont les plus fortement influencées par le Niño.

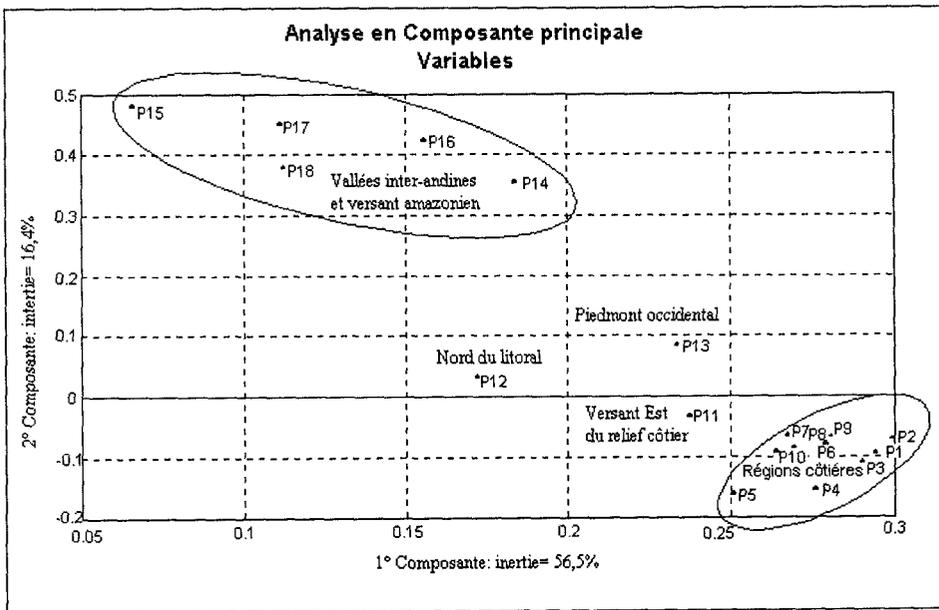


Fig. 4 - ACP des totaux pluviométriques annuels de l'ensemble de l'Équateur. Variables : séries des 18 indices pluviométriques annuels.

■ Les indices de la zone du versant est du relief côtier (11) et de la zone du piémont occidental de la cordillère des Andes (13) ont des coordonnées moins importantes, mais supérieures à 0,20.

■ Les coordonnées des autres indices sont plus faibles (0,06 à 0,18). Parmi celles-ci, les plus élevées sont celles de la zone côtière la plus septentrionale (12) et de la vallée inter-andine exposée à l'ouest (14) ; la plus faible est celle de la zone des vallées inter-andines, située la plus au nord (15).

b) La deuxième composante explique 16,4% de la variance, elle correspond à la variabilité des totaux des zones de la Sierra et du versant amazonien (14 à 18).

c) La zone de Pajan (11) située sur le versant est du relief côtier, celle de San Lorenzo (12) située au nord des régions côtières et celle de San Miguel (13) située sur le piémont occidental sont intermédiaires entre les deux regroupements.

2. 4. 2. Graphique des individus : Fig. 5

a) L'examen des séries pluviométriques permet de constater que les années qui ont des coordonnées positives sur la première composante sont excédentaires dans les régions côtières et celles qui ont des coordonnées négatives sont déficitaires sur ces mêmes régions.

b) Sur le deuxième axe, les années qui ont des coordonnées positives sont excédentaires dans la plupart des zones des vallées inter-andines et de l'Amazonie, alors que celles qui ont des coordonnées négatives y sont déficitaires.

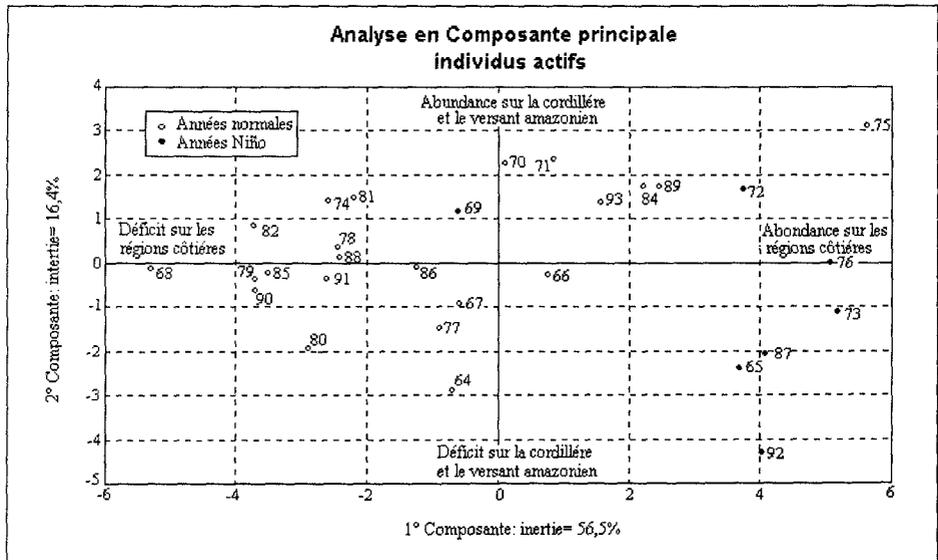


Fig. 5 - ACP des totaux pluviométriques annuels de l'ensemble de l'Équateur. Individus : 29 années de 1964 à 1993, 1983 exclu.

c) Report des années Niño sur le graphique des individus :

- À l'exception de 1969, toutes les années Niño ont des coordonnées positives sur la première composante, ceci confirme que cet axe correspond au phénomène El Niño et donc que les excès pluviométriques des régions côtières sont fortement liés au Niño.
- Sur la deuxième composante, les coordonnées des années Niño sont variables, cet axe est donc indépendant du phénomène, les totaux pluviométriques des zones des vallées inter-andines et de l'Amazonie ne sont donc pas liés au Niño.

3. RÉGIONALISATION

Ces différentes analyses permettent de diviser le pays en trois grands secteurs en fonction du niveau de l'influence du Niño sur les totaux pluviométriques annuels (Fig. 6).

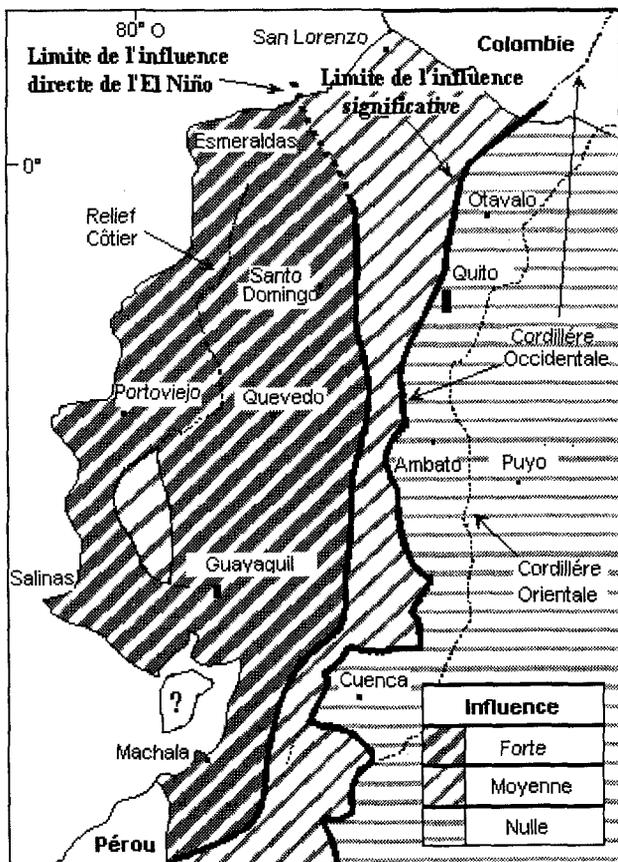


Fig. 6 - Influence du Niño sur les précipitations annuelles en Équateur.

3. 1. Secteur où l'influence du Niño sur les totaux pluviométriques annuels est forte

Il correspond à la majeure partie des régions côtières comprises entre Esmeraldas au nord et la frontière avec le Pérou au sud.

À l'exception de l'événement de 1969, tous les Niño correspondent à des années dont les précipitations sont excédentaires.

Les moyennes des précipitations des années Niño sont supérieures à celles des années non-Niño de 40 à 180% et de 250 à plus de 1 000 mm. Cette différence augmente en pourcentage lorsque les totaux pluviométriques diminuent. Cette différence est plus élevée en valeur absolue dans les zones proches de la cordillère des Andes où les précipitations sont plus importantes.

Toutes ces zones ont des coordonnées élevées sur la première composante de l'ACP, première composante qui est en grande partie expliquée par les années Niño.

3. 2. Secteur où l'influence du Niño sur les totaux pluviométriques annuels est variable

Il correspond au versant est du relief côtier (11), à la zone septentrionale des régions côtières (12) et aux zones situées sur le versant occidental de la cordillère des Andes soumises à l'influence directe des masses d'air océaniques (13 et 14).

Dans ces zones, les années dont la pluviométrie est excédentaire correspondent la plupart du temps à des années Niño, mais ce n'est pas l'unique mécanisme responsable des pluies excédentaires. De plus, quelques Niño peuvent correspondre à des précipitations normales ou déficitaires. Les différences entre les moyennes des années Niño et normales ne sont plus que de 20 à 30% et les coordonnées des indices de ces zones sur la première composante de l'ACP sont plus faibles.

3. 3. Secteur où l'influence du Niño sur les totaux pluviométriques annuels n'est pas significative

Ce secteur couvre le versant amazonien (18) et les vallées inter-andines qui ne sont pas directement influencées par les masses d'air du Pacifique (15, 16 et 17).

4. CONCLUSION

Le Niño a une forte influence sur les précipitations annuelles de la plupart des régions côtières de l'Équateur. Par contre, nous n'avons pas trouvé de lien direct entre le Niño et les totaux des vallées inter-andines et du versant amazonien. Les flancs occidentaux de la cordillère des Andes, le nord des régions côtières et le versant est du relief côtier sont situés dans une zone de transition influencée par le Niño de façon beaucoup moins nette que le reste des régions côtières. Cette étude a permis de déterminer la limite de l'influence directe du Niño sur les précipitations annuelles en Équateur.

Au nord de l'Équateur, Bocager & Caceido (1994) ont calculé les différences entre les moyennes des précipitations des années Niño et normales pour 14 stations

pluviométriques de la Colombie. Ils ont ainsi montré que les précipitations étaient légèrement supérieures à la normale les années Niño sur la frange côtière au sud de Buenaventura (~3°N), proches de la normale à Buenaventura et dans les stations andines, et déficitaires sur les régions septentrionales du versant Caraïbe. Aceituno & Garreaud (1995) ont montré que les valeurs mensuelles moyennes des débits des rivières Magdalena et Cauca du versant caraïbe de la Colombie sont légèrement inférieures à la normale les années Niño ; ceci confirme la relation négative entre la TSM du Pacifique oriental et les précipitations du versant nord-ouest de la Colombie.

Au sud, Tapley & Waylen (1990) ont comparé les pluies annuelles moyennes des années Niño et normales de 18 stations de l'ouest péruvien. L'augmentation des précipitations les années Niño est très importante au nord du littoral entre Trujillo (~8°S) et l'Équateur. Par contre, elle n'est plus significative au sud de Chimbote (~10°S), on observe un léger déficit sur les stations de l'Altiplano situées entre Cuzco et le lac Titicaca. Waylen & Caviedes (1986) ont observé les mêmes variations de l'influence du Niño en comparant les débits moyens des années Niño et normales de treize cours d'eau du nord-ouest Péruvien.

L'étude que nous avons réalisée en Équateur permet de compléter les limites tracées pour la Colombie et le Pérou, et ainsi de déterminer les limites d'influence forte et de l'influence plus faible, mais encore significative du Niño sur les précipitations du nord-ouest de l'Amérique du Sud. La limite de la forte influence, augmentation des précipitations supérieure à 40%, est située aux environs de Trujillo (Pérou, ~8°S) au sud, elle correspond aux premiers reliefs de la cordillère des Andes à l'est (altitude inférieure à 1500 m) et est située aux environs d'Esmeraldas (Équateur, ~1°N) au nord. La région où l'augmentation des précipitations est significative (> 20 %) les années Niño, correspond à l'ensemble du versant occidental de la cordillère des Andes entre Chimbote (Pérou, ~10°S) au sud et le sud de Buenaventura (Colombie, ~3°N) au nord.

Références citées

- ACEITUNO, P. & GARREAUD, R., 1995 - Impacto de los fenómenos el Niño y la Niña en regímenes fluviométricos andinos. *Revista de la sociedad chilena de ingeniería hidráulica*, **10(2)**: 33-43.
- BOCANEGRA, M. & CAICEDO, P., 1994 - *Características climáticas relevantes durante la ocurrencia de fenómenos ENOS en el Nor-Occidente sudamericano*, 40p. ; HIMAT.
- BRUNET-MORET, Y., 1979 - Homogénéisation des précipitations. *Cah. ORSTOM, sér. Hyd.*, **16(3-4)** : 147-170.
- KILADIS, G. & LOON van, H., 1988 - The southern oscillation. Part VII: Meteorological anomalies over the Indian and pacific sectors associated with the extremes of the oscillation. *M. W. R.*, **116** : 120-136.
- KOUSKY, V. & ROPELEWSKI, C., 1989 - Extremes in the Southern Oscillation and their relationship to precipitation anomalies with emphasis on the South American region. *Rev. Bras. Met.*, **4(2)** : 351-363.
- LE GOULVEN, P. & ALEMÁN, M., 1992 - Régionalisation climatique (pluie et ETP) dans les Andes équatoriennes, méthodologie, résultats et application. in : *Régionalisation en hydrologie, Application au développement*, 8° Journées hydrologiques de l'ORSTOM : 59-83.

- LE GOULVEN, P., ALEMÁN, M. & ORSONO, I., 1988 - Homogeneización y regionalización pluviométrica por el método del vector regional. in : *5° Congrès Équatorien d'hydrologie* : 59-83 ; Quito : AEHID/CICP.
- QUINN, W., 1993 - The large-scale ENSO event, the El Niño and other regional features. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, **22(1)** : 13-34.
- RASMUSSEN, E. & CARPENTER, T., 1983 - The relationships between eastern equatorial Pacific sea surface temperatures and rainfall over India and Sri Lanka. *Monthly Weather Review*, **111** : 517-528.
- ROGERS, J., 1988 - Precipitation variability over the Caribbean and tropical Americas associated with the Southern Oscillation. *Journal of Climate*, **1** : 172-182.
- ROPELEWSKI, C. & HALPERT, M., 1996 - Quantifying southern oscillation - precipitation relationships. *Journal of Climate*, **9** : 1043-1059.
- ROSSEL, F., 1997 - Influence du Niño sur les régimes pluviométriques de l'Équateur. Thèse de Doctorat de l'Université de Montpellier II, 289p. + Annexes.
- ROSSEL, F., CADIER E. & GOMEZ, G., 1996 - Las inundaciones en la zona costera ecuatoriana: causas, obras de protección existentes y previstas. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, **25(3)** : 399-420.
- ROSSEL, F., SÉMIOND, H. & CLAIRET, S., 1995 - *Régionalisation de la pluviométrie annuelle de l'Équateur pour l'étude de l'impact de l'ENSO sur les régimes pluviométriques*, 56p. ; Quito : ORSTOM-INAMHI.
- SÉMIOND, H., 1995 - *Régionalisation des pluies en Équateur et estimation des excès pluviométriques en relation avec les événements "El Niño"*, 23p. ; Nancy : École Nationale Supérieure de Géologie de Nancy.
- SIMPSON, H., CANE, M., HERCZEG, A., ZEBIAK, S. & SIMPSON, J., 1993 - Annual river discharge in southeastern Australia related to El Niño-Southern Oscillation forecasts of sea surface temperatures. *Water Resources Research*, **29(11)** : 3671-3680.
- TAPLEY, T. & WAYLEN, P., 1990 - Spatial variability of annual precipitation and ENSO events in western Peru. *Hydrological Sciences Journal*, **35(4)** : 429-446.
- WAYLEN, P. & CAVIEDES, C., 1986 - El Niño and annual floods on the north Peruvian littoral. *Journal of Hydrology*, **89** : 141-156.

1998

BULLETIN

de l'INSTITUT FRANÇAIS
d'ÉTUDES ANDINES

Tome 27
N° 3



*Variations climatiques et ressources en eau
en Amérique du Sud: Importance et
conséquences des événements
El Niño*

COLOMBIE
ÉQUATEUR
PÉROU
BOLIVIE

IRD

Institut de recherche
pour le développement

CINQUANTENAIRE
1948
1998

IFEA