

# Advections polaires en Bolivie : mise en évidence et caractérisation des effets climatiques

Josyane RONCHAIL (1)

## RÉSUMÉ

*En Bolivie, les advections polaires sont des phénomènes aperiodiques, quatre fois plus fréquents en hiver qu'en été. Leurs effets pluviométriques et thermiques sont différents d'une saison à l'autre et ils sont surtout notables dans les vallées andines du sud du pays à exposition favorable et dans la plaine où ils sont ressentis jusqu'au moins 10° de latitude sud.*

MOTS-CLÉS : Climatologie tropicale — Amérique du Sud — Bolivie — Advections polaires.

## ABSTRACT

POLAR ADVECTIONS IN BOLIVIA : CLIMATE EFFECTS

*In Bolivia, polar advections are non periodic phenomena, four times more frequent in winter than in summer. Their pluviometric and thermal effects differ from one season to another and are mainly noticeable in the Andean valleys characterized by a south-east direction and in the plain. In the latter, the polar advections are felt within a latitude as low as 10 degrees.*

KEY WORDS : Tropical climatology — South America — Bolivia — Polar advections.

## 1. DES EFFETS CLIMATIQUES A DIVERSES ECHELLES DE TEMPS

Andine, sèche et froide à l'ouest, amazonienne, chaude et humide à l'est, la Bolivie est un espace de contrastes. Le temps aussi est marqué en Bolivie par des contrastes climatiques. A l'échelle interannuelle, l'oscillation australe du Pacifique est une source d'anomalies thermiques et pluviométriques. A l'échelle annuelle, saisons sèche et humide se succèdent. Et si l'on examine les données quotidiennes de températures surtout, les journées d'une même saison ne se ressemblent pas et les contrastes prévalent encore, au moins dans une partie du pays. L'allure en dent de scie de la courbe des températures maximales d'hiver (juin à août) à Santa Cruz et Trinidad dans la plaine, à Tarija et Sucre dans les vallées andines est un exemple frappant de la *variation quotidienne du temps* (fig. 1).

Les llanos de Bolivie constituent un couloir de faible altitude entre la Cordillère et le bouclier brésilien. Habituellement, les vents y sont de nord-nord-ouest, alizés déviés par les Andes.

Parfois, la circulation s'inverse et un vent de sud est observé dans la plaine. Les cartes synoptiques au sol dressées par l'AASANA (Administracion de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegacion Aerea) montrent alors la progression vers le bassin amazonien d'une dorsale anticyclonique (fig. 2). L'air polaire qui la constitue est originaire du Pacifique Sud oriental ; il s'enroule par le sud autour des Andes lorsqu'il aborde le continent sud-américain et, canalisé par la Cordillère, adopte une trajectoire sud-nord.

Il est précédé d'un front froid et à son passage il génère un fort vent du sud, des chutes de températures brusques et intenses et des précipitations lorsque les conditions hygrométriques s'y prêtent, ce qui est le cas dans la plaine. L'épisode froid du 16 juillet 1975 par exemple est à l'origine de chutes de températures diurne de 13°, nocturne de 7° et de 52 mm de précipitations à Santa Cruz, station située dans le sud de la plaine bolivienne (tabl. I).

(1) LMD/CNRS - Ecole Polytechnique - 91128 Palaiseau et ORSTOM/Université de Paris VII.

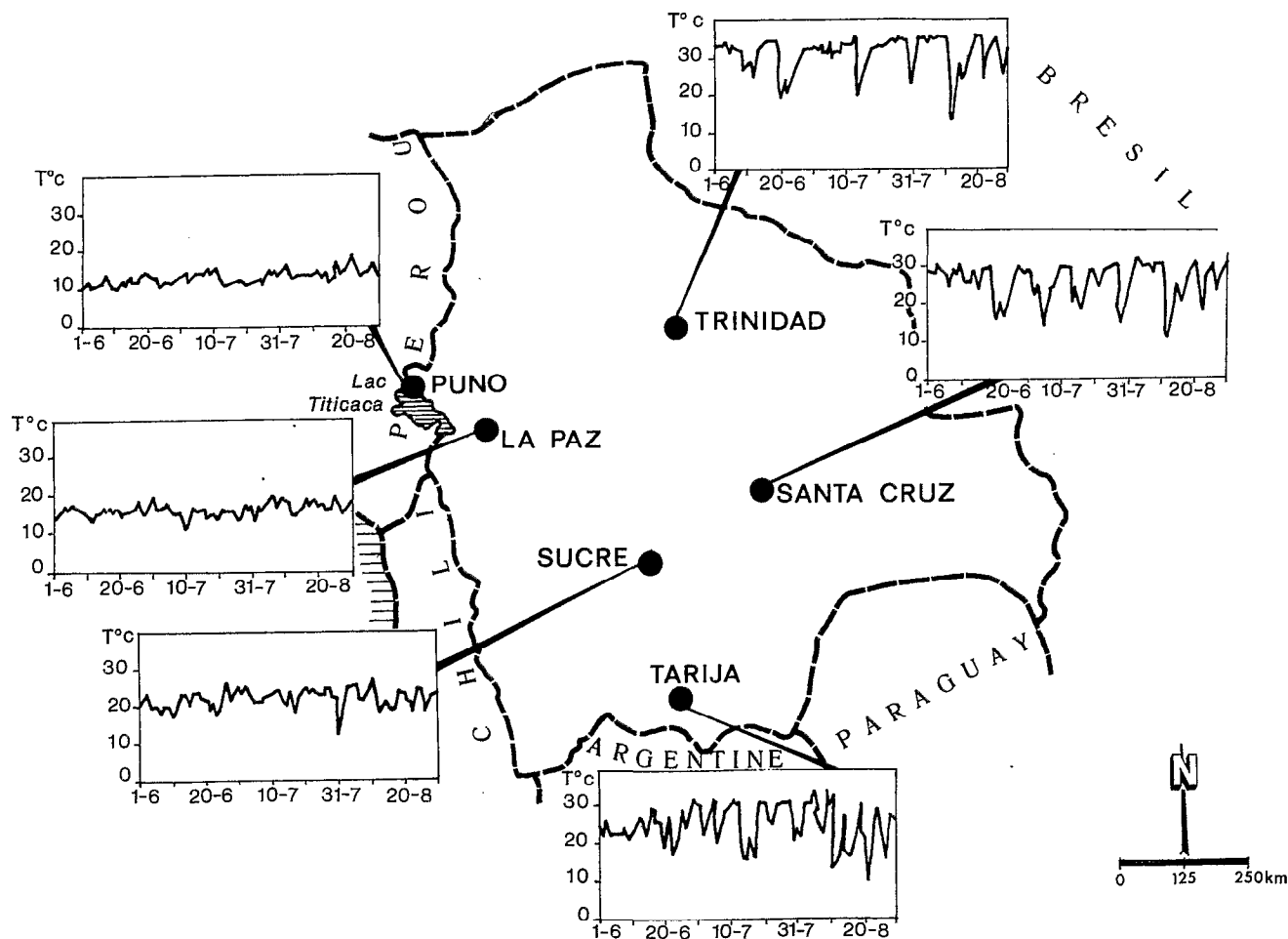


FIG. 1. — Températures maximales quotidiennes (°C) de l'hiver 77 (juin-juillet-août) à Puno et La Paz, Sucre et Tarija (vallées andines) et Trinidad et Santa-Cruz (plaine).  
Données des SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología) de Bolivie et du Pérou

Les coups de « surazo » (de « sur », sud) sont fréquents en hiver quand le système de la circulation atmosphérique générale est déplacé vers le nord et quand l'air froid peut se régénérer sur le sud du continent. Ils concernent alors 40 % des journées (moyenne 73-84). En été ils sont plus rares, n'affectant que 10 % des journées de décembre à février.

L'importance de l'effet climatique des advections polaires, nette au niveau quotidien, transparait également dans les régimes pluviométriques et thermiques d'un certain nombre de stations boliviennes (fig. 3).

Ainsi, Santa Cruz et Trinidad totalisent-elles en hiver 14 % et 8 % de leurs précipitations annuelles alors que les stations non touchées par les advections froides ou à conditions hygrométriques défavorables ne reçoivent que 1 à 4 % du total annuel pendant cette saison.

Par ailleurs, l'amplitude thermique annuelle à Tarija et Santa Cruz, stations les plus méridionales et les plus touchées, reflète également la fréquence des advections froides hivernales.

Au niveau interannuel, des advections froides plus fréquentes que la normale occasionnent à Santa Cruz des précipitations saisonnières excédentaires et des températures maximales et minimales inférieures aux moyennes (exemple de l'hiver 83 : tableau II).

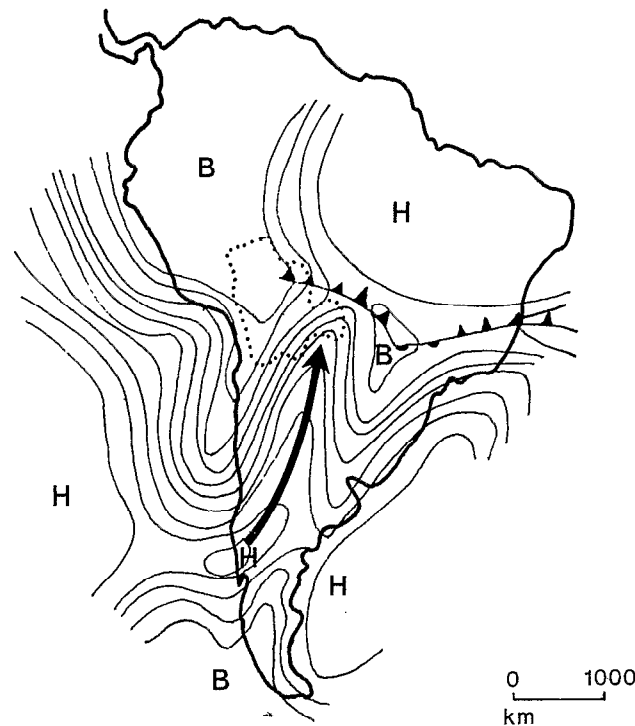


FIG. 2. — Carte synoptique au sol du 16 juillet 1975.  
D'après un document de l'AASANA (Administracion de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegacion Aerea) de Bolivie

TABLEAU I  
Données de précipitations, températures maximales et minimales des 15 et 16 juillet 1975  
et moyennes de juillet (73-84) à Santa Cruz - 414 m 18 °S

	15-7-75	16-7-75	Normales de juillet (73-84)
Précipitations (mm)	0	52	60
Temp. Maxim. (°C)	28	15	25.2
Temp. Minim. (°C)	21	14	16.3

TABLEAU II  
Précipitations, températures maximales et minimales et fréquences des vents du sud de l'hiver 83 et de l'hiver moyen

	Précipitations (mm)	T.max. (°C)	T.min. (°C)	Fréquence des vents de sud (%)
Hiver 83	278,6	22,5	15	60
Hiver moyen (73-84)	175,7	25,2	16,4	40

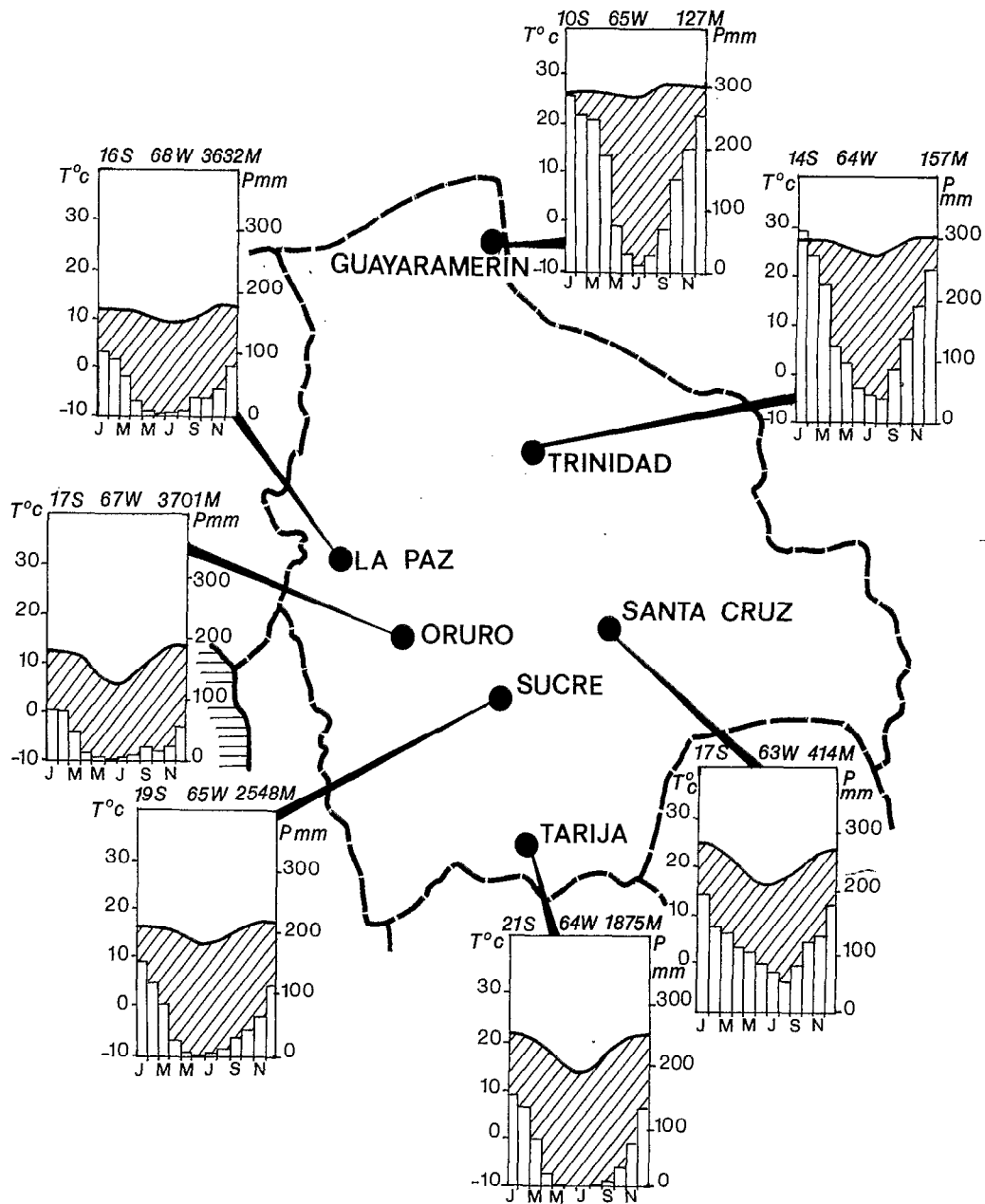


FIG. 3. — Précipitations en mm et températures moyennes mensuelles en °C (73-84) à La Paz et Oruro (Altiplano) Sucre et Tarija (vallées andines), Guayaramerin, Trinidad et Santa Cruz (plaine)

## 2. DÉROULEMENT DES ÉVÉNEMENTS FROIDS ET DIFFÉRENTIATION SPATIALE DE LEURS EFFETS CLIMATIQUES

Les effets climatiques locaux des advections polaires sont un fait ; l'étude de leur organisation dans l'espace bolivien et dans le temps est réalisée au moyen d'analyses composites qui permettent de reconstituer un événement froid-type à partir d'un ensemble d'événements observés.

Ces analyses portent sur les données quotidiennes de températures maximales et minimales et de précipitations de 6 stations pendant la semaine qui suit une advection froide. Les événements froids sont reconnus par la chute de 10° au moins, du jour au lendemain, de la température maximale de Tarija, station la plus méridionale, située dans la vallée du Rio Grande ouverte au sud-est.

Ils sont au nombre de 67 en hiver et 17 en été pour la période 73-84.

En hiver (fig. 4), les advections polaires ont un fort effet thermique dans la vallée de Tarija d'une part et dans la plaine d'autre part jusqu'au moins 15° de latitude sud (Trinidad). Cet effet s'estompe à Sucre, station proche de la vallée du Pilcomayo, elle est aussi ouverte au sud-est, mais plus élevée et septentrionale que Tarija et il disparaît à La Paz et de manière générale sur l'Altiplano.

La baisse de température, en ce qui concerne les maxima, est brutale, de courte durée et très intense ; la température diurne peut chuter de plus de 20° d'un jour à l'autre à Tarija et Santa Cruz.

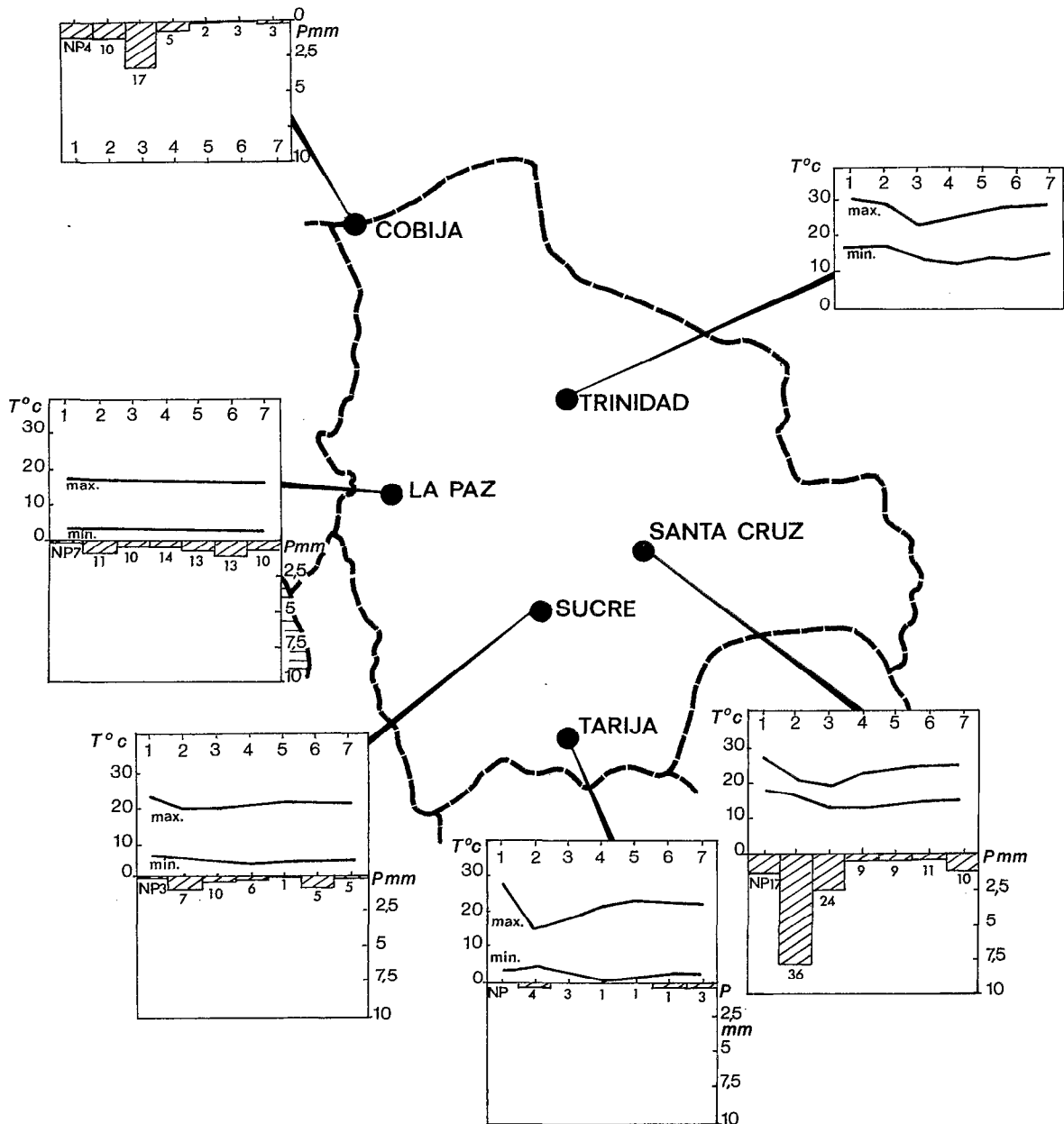


FIG. 4. — Analyse composite des événements froids hivernaux : 67 cas pour la période 73-84. Températures maximales et minimales (°C) et précipitations (mm) quotidiennes des 6 jours suivant une chute de 10°C à Tarija. Stations : La Paz (Altiplano) Sucre et Tarija (vallées andines), Cobiya, Trinidad et Santa Cruz (plaine). NP : nombre de jours de pluie

Les minima diminuent de façon plus progressive et aussi plus modestement, la faible radiation nocturne liée à la nébulosité compensant probablement en grande partie l'effet advectif. Mais, c'est à l'occasion d'une advection polaire que Santa Cruz enregistre son record de froid : 1,8 °C en juillet 81.

En saison sèche, les précipitations liées aux advections froides ne sont sensibles que dans la plaine où les conditions hygrométriques sont plus favorables que dans les Andes. En moyenne, le passage du front froid provoque une chute de pluie de 8 mm, une fois sur deux, à Santa Cruz. Avec un jour de retard, Cobija, au nord de la plaine, à 10 °S, enregistre encore plus de 3 mm une fois sur quatre.

En été (fig. 5), les masses d'air humides d'origine amazonienne affectent l'ensemble du pays et les fronts froids

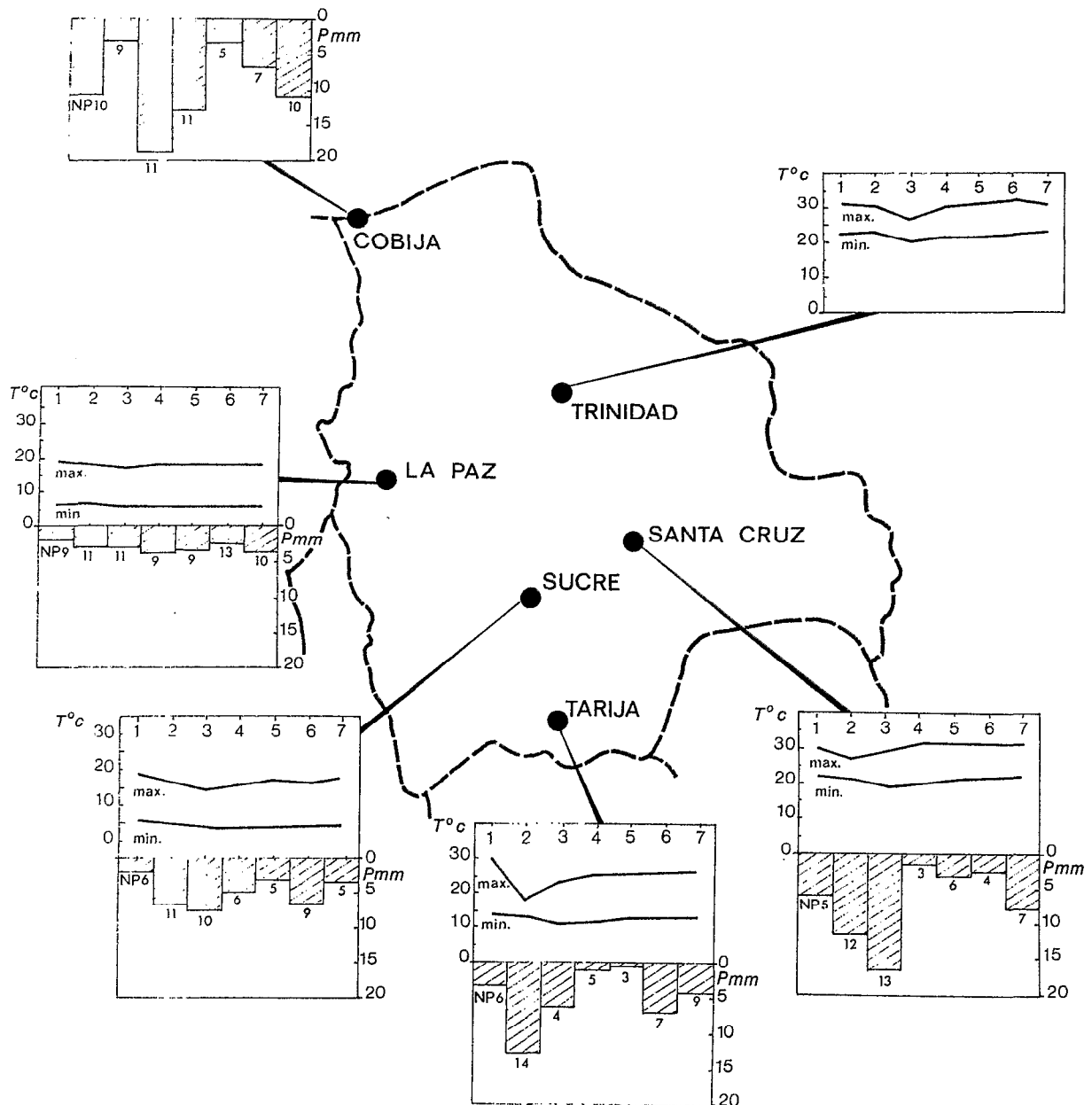


FIG. 5. — Analyse composite des événements froids estivaux : 17 cas pour la période 73-84. Températures maximales et minimales (°C) et précipitations (mm) quotidiennes des 6 jours suivant une chute de 10 °C à Tarija. Stations : La Paz (Altiplano) Sucre et Tarija (vallées andines), Cobija, Trinidad et Santa Cruz (plaine). NP : nombre de jours de pluie

gènèrent des pics de précipitations dans 60 à 80 % des cas sauf à La Paz. Dans la plaine, les chutes de pluies dépassent 15 mm tant au nord (Cobija), où l'humidité locale compense l'affaiblissement de l'advection, qu'au sud (Santa Cruz). Dans les vallées, elles sont un peu moins abondantes et diminuent en quantité de Tarija à Sucre.

Les effets thermiques des advections polaires sont de même type qu'en hiver mais moins importants, l'air froid s'étant échauffé sur le continent.

### 3. PÉRIODICITÉ DU PHÉNOMÈNE

En complément de cette caractérisation, des analyses spectrales sur les températures moyennes quotidiennes montrent un maximum de puissance, pour la majorité des stations et des hivers, pour une période de 9 à 15 jours.

Les courbes de températures diurnes filtrées pour cette période présentent parfois un bon ajustement avec les courbes de températures brutes, comme en 1977 à Santa Cruz (fig. 6a). Mais en général, il n'y a pas d'ajustement, comme en 1978 (fig. 6b), ce qui permet de conclure que les advections polaires ne sont pas des phénomènes périodiques.

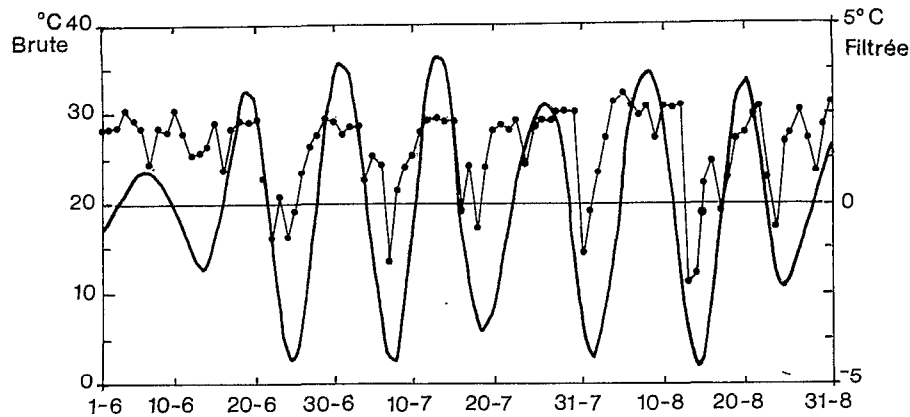


FIG. 6a. — Températures maximales brutes (courbe étoilée) et filtrées (courbe simple) pour une période de 9,5-15 jours. Hiver 77, Santa Cruz

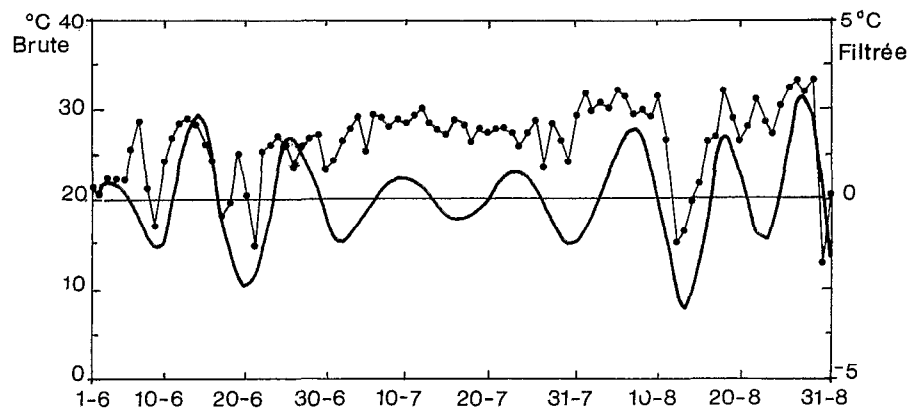


FIG. 6b. — Températures maximales brutes (courbe étoilée) et filtrées (courbe simple) pour une période de 10-16 jours. Hiver 78, Santa Cruz

#### 4. CONCLUSION

La caractérisation aérologique des advections polaires, grâce à l'étude des champs de pression, de température, d'humidité et de vent des analyses du Centre Météorologique Européen, reste à faire. L'explication de leurs effets climatiques dans le temps et l'espace en dépend ; de même que les réponses à des questions d'ordre plus général sur les limites des advections polaires en altitude et en latitude, sur leurs trajectoires sans doute variables, sur les signaux permettant de les annoncer et sur leurs effets sur la circulation générale de l'atmosphère.

#### BIBLIOGRAPHIE

- CHATFIELD (C.), 1982. — The analysis of time series : an introduction. Chapman and Hall. New York, 355 pages.
- HOFFMANN (J.A.J.), 1971. — Frentes, masas de aire y precipitaciones en el norte argentino. *Meteorologica*, vol. 2, n° 1, 2, 3 : 130-149.
- LEROUX (M.), 1987. — L'anticyclone mobile polaire, relais des échanges méridiens : son importance climatique. *Géodynamique* 2 (2) 1987 : 162-167.
- OLIVEIRA DE (A.S.) et NOBRE(C.A.), 1985. — Méridional penetration of frontal systems in South America and its relation to organized convection in the Amazon. *INPE-3407-PRE/676*, Sao Jose dos Campos, 3 pages.
- RONCHAIL (J.), 1986. — Situations atmosphériques et températures comparées sur l'Altiplano et l'Amazonie-Bolivie. *Rapport PHICAB/ORSTOM-IFEA*, La Paz, 34 pages.
- RONCHAIL (J.), 1986. — Situations atmosphériques et précipitations comparées sur l'Altiplano et l'Amazonie-Bolivie. *Rapport PHICAB/ORSTOM-IFEA*, La Paz, 36 pages.
- WENDLAND (W.M.) et Mc DONALD (N.S.), 1986. — Southern Hemisphere Airstream Climatology. *Monthly Weather Review*, vol. 114 : 88-94.